



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

LIVIA GADELHA SILVA

**FLORÍSTICA E BIOGEOGRAFIA DOS CAMPOS RUPESTRES SOBRE CANGA DO
PARQUE NACIONAL DOS CAMPOS FERRUGINOSOS, AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Belém-PA

2021

LIVIA GADELHA SILVA

**FLORÍSTICA E BIOGEOGRAFIA DOS CAMPOS RUPESTRES SOBRE CANGA DO
PARQUE NACIONAL DOS CAMPOS FERRUGINOSOS, AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Botânica Tropical, área de concentração Taxonomia Vegetal para obtenção de título de Mestre.

Orientadora: Dra. Daniela Zappi

Co-orientadora: Dra. Juliana Lovo

Belém-PA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G124f Gadelha Silva, Livia
FLORÍSTICA E BIOGEOGRAFIA DOS CAMPOS RUPESTRES SOBRE CANGA DO
PARQUENACIONAL DOS CAMPOS FERRUGINOSOS, AMAZÔNIA BRASILEIRA / Livia
Gadelha Silva. - 2021.
94 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Ciências Biológicas (CB),
Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2021.
Orientador: Profa. Dra. Daniela Zappi
Coorientador: Profa. Dra. Juliana Lovo.

1. Florística. 2. Campos Rupestres . 3. Cangas amazônicas. I. Zappi, Daniela, *orient.* II. Título

CDD 581.9811

LIVIA GADELHA SILVA

BANCA EXAMINADORA



Dra. Daniela Cristina Zappi
Universidade de Brasília
Museu Paraense Emílio Goeldi
(Orientadora)



Dra. Caroline Oliveira Andrino
Instituto Tecnológico Vale
(1ª avaliadora)



Marcelo Devecchi
Universidade de São Paulo
(2º avaliador)



Marcelo Freire Moro
Universidade Federal do Ceará – Labomar
(3º avaliador)

Nara Furtado de Oliveira Mota
Museu Paraense Emílio Goeldi
(Suplente)

Agradecimentos

Agradeço ao meu bom Pai, meu Deus e meu Senhor por me permitir esse tempo de estudo e aprendizado. Sem Deus eu nada poderia fazer porque tudo é graça. Agradeço também à Virgem Maria minha mãe que me ilumina e me guarda com seu manto de amor. Todas as pessoas que agradeço a seguir, para mim, foram colocadas no meu caminho como um presente de Deus.

Obrigada Zappi por aceitar me orientar. Eu apareci como um cogumelo na sua frente, sem saber quase nada de Taxonomia, somente com a vontade de trabalhar na área e ainda assim você me aceitou. Muito obrigada, Zappinha! Obrigada pelos ensinamentos de campo, de plantas, de ciência e de vida. Obrigada por todas as contribuições neste trabalho, pela paciência e pela ajuda financeira no campo.

Obrigada, Juliana Lovo. Obrigada pela orientação e pela amizade. Obrigada por todas as contribuições neste trabalho. Se eu usasse todos os caracteres deste espaço para te agradecer, ainda assim eu não conseguiria expressar a minha gratidão então só posso resumir tudo em um Obrigada!

Agradeço também aos meus colegas da sala 36: Alice Hiura, Caroline Andrino, Rafael e Taiana. Obrigada pelos momentos de descontração, pelas coletas de campo divertidas e pelo aprendizado que talvez vocês nem saibam, mas me proporcionaram. Muitíssimo obrigada!

Aos meus colegas de turma, em especial Ramille e Wendel. Obrigada pelo companheirismo e momentos de descontração.

Agradeço aos especialistas que tanto me ajudaram na determinação de espécies: Pedro Lage Viana, Clebiana Nunes, Herison Medeiros, Aline Stadnik, Fábio Silva, Mayara Pastore, Lúcia

Lohmann, Ricardo Couto, Caroline Andrino, Marcelo Devecchi, Raymond Harley, Mariana Saka, Marília Duarte e Vânia Yoshikawa.

Agradeço à minha amada família por todo amor e suporte.

Obrigada, Marcio Marinho Costa meu parceiro e amigo. Te agradeço por me incentivar e me encorajar. Agradeço também à tua família por me acolher em Belém.

Agradeço à Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Museu Paraense Emílio Goeldi por ofertarem o curso e pela infraestrutura oferecida.

Agradeço à Coordenação de Botânica do Museu Paraense Emílio Goeldi, e aos secretários que sempre foram muito solícitos.

Agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo (88882.424289/2019-01).

Agradeço ao Instituto Tecnológico Vale pela ajuda com as passagens aéreas e hospedagem.

Obrigada também aos guardas do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos pelo suporte nas coletas de campo.

SUMÁRIO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO	9
Histórico de pesquisas botânicas na Serra dos Carajás	9
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
2. COMPARAÇÃO DA SIMILARIDADE FLORÍSTICA DAS CANGAS DO PARQUE NACIONAL DOS CAMPOS FERRUGINOSOS COM OUTRAS ÁREAS DE CANGA DA AMAZÔNIA ORIENTAL	16
RESUMO	17
ABSTRACT	18
1. Introdução.....	18
2. Material e Métodos.....	22
2.1. Área de estudo	22
2.2 Metodologia:.....	25
2.2.1 Excursões botânicas e coletas florísticas	25
2.2.2 Identificação e listagem dos espécimes das cangas do PNCF.....	25
2.2.3 Compilação do banco de dados	26
2.2.4 Análises biogeográficas.....	27
3. Resultados.....	29
3.1. Parque Nacional dos Campos Ferruginosos	29

3.2. Complexo Carajás	30
4. Discussão	72
4.1. Composição Florística do PNCF	72
4.1.2. Riqueza de espécies	72
4.1.3. Famílias mais representativas no PNCF e o contexto Amazônico	74
4.1.4. Espécies invasoras	75
4.2. Relação entre a composição florística do PNCF e demais áreas de canga.....	76
4.2.1 Relação entre a composição florística do PNCF, Serra Arqueada e Serra de Campos de São Félix do Xingu	79
4.3. Representatividade e conservação das floras de CRJ-SN e CRJ-S11A-D, ARQ-CAN e SFX no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos.....	80
5. Conclusão	82
Agradecimentos	84
Contribuição dos autores	85
Referências	86

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Histórico de pesquisas botânicas na Serra dos Carajás

A Serra dos Carajás, é um complexo montanhoso localizado no sudeste do estado do Pará. Esta área é caracterizada pela riqueza de recursos minerais e é referida também como Província Mineral de Carajás (VIANA, et al. 2016). Em 1967, em uma busca por depósitos de manganês na região norte brasileira, o geólogo Breno dos Santos, funcionário da mineradora U.S. Steel, descobriu os afloramentos de canga de Carajás, que mais tarde seria reconhecido como um dos maiores depósitos de minério de ferro do mundo (VIANA et al. 2016; MINAS JR., 2019). A extração de minério de ferro iniciou-se em 1985 pela Companhia Vale do Rio Doce atualmente, Vale S.A.

Os primeiros estudos botânicos na Serra dos Carajás, segundo Viana *et al.* (2016), foram realizados pelo botânico Paulo Bezerra Cavalcante em 1969. Decorrente de sua expedição, foram descobertas e descritas novas espécies de plantas para a Ciência como *Centrosema carajasense* P. Cavalcante (CAVALCANTE, 1970), *Monogereion carajensis* G.M. Barroso & R.M. King (BARROSO; KING, 1971), *Parapiqueria cavalcantei* R.M. King & H. Rob. (KING; ROBINSON, 1980a), *Cavalcantia glomerata* (G.M.Barroso & R.M.King) R.M.King & H.Rob. (KING; ROBINSON, 1980b), *Ipomoea cavalcantei* D. Austin e *Ipomoea carajasensis* D. F. Austin [*Ipomoea maurandioides* Meisn.] (AUSTIN, 1981).

A partir de 1983, houve aumento de pesquisas relativas à flora, fauna, arqueologia e geologia na Serra dos Carajás por meio de um convênio entre Museu Paraense Emílio Goeldi e a Companhia Vale do Rio Doce, atualmente Vale S.A. Como resultado dessa parceria vários trabalhos sobre flora e ecologia vegetal foram desenvolvidos (SECCO, 2016). Dentre elas, ressaltamos a pesquisa preliminar e imprescindível iniciada por Secco e Mesquita (1983) para que trabalhos posteriores de diversas abordagens pudessem ter prosseguimento (VIANA et al.

2016). Nessa pesquisa foram apresentadas as características das paisagens das cangas encontradas na Serra Norte, mais especificamente nos corpos de canga N1, N4 e N5, destacando as principais espécies vegetais encontradas nessas áreas, organizadas em listas florísticas preliminares.

A Floresta Nacional de Carajás (FLONA de Carajás) foi criada em 02 de fevereiro de 1985 no intuito de conciliar a exploração mineral e a conservação da biodiversidade (ICMBIO, 2016b). Com a criação da unidade de conservação, os estudos sobre a biodiversidade continuaram. Secco e Lobo (1988) apresentaram comentários taxonômicos a respeito das principais espécies de plantas encontradas sobre as áreas de canga de Carajás. bem como o primeiro estudo sobre os aspectos de interação inseto-plantas e mecanismos de dispersão de algumas espécies encontradas na região. Ainda nesse ano, Burman e Bastos (1988) descreveram *Thrasya longiligulata* Bastos & A.G. Burman, uma nova espécie de gramínea encontrada no bloco N1 (Serra Norte). Pirani e Thomas (1988) descreveram uma nova espécie da família Simaroubaceae, *Picramnia ferrea* Pirani & Thomas. No ano seguinte, em importante trabalho sobre fisiologia vegetal, (Porto and Silva 1989) evidenciaram que as plantas que cresciam no substrato ferruginoso acumulavam metais pesados em seus tecidos, um mecanismo que possibilitava o seu desenvolvimento na canga ferruginosa.

Nos anos noventa, Manoela Ferreira da Silva fez uma análise dos aspectos ecológicos das plantas que cresciam diretamente sobre as cangas da Serra Norte e registrou 58 famílias, 145 gêneros e 232 espécies (SILVA, 1991). Posteriormente, Bastos (1992) apresentou um estudo taxonômico sobre os gêneros *Mesosetum* Steud. e *Thrasya* Kunth [*Paspalum* L.] (Poaceae) (BASTOS, 1992). Em 1993 a referida autora apresentou uma atualização das espécies de gramíneas do gênero *Ichnanthus* P.Beauv. que ocorriam nas cangas da Serra Norte e uma chave para identificação das mesmas (BASTOS, 1993). Ainda em 1993, foi publicada uma lista com 15 espécies da família Fabaceae com ilustrações e chaves para identificação

(SILVA, 1993). Silveira et al. (1995) apresentaram uma lista com 118 espécies de orquídeas encontradas tanto nas cangas quanto nas áreas de floresta de Carajás.

Com o principal intuito de elaboração de relatórios sobre impacto ambiental para licenciamento da mineração, pesquisadores vinculados ao herbário da Universidade Federal de Minas Gerais – BHCB (acrônimos de acordo com Thiers, continuamente atualizado) realizaram estudos sobre a flora das cangas de Carajás a partir de 2007 (VIANA et al. 2016). Foram efetuadas cerca de 5000 coletas botânicas de plantas terrestres (briófitas, samambaias, licófitas, gimnospermas e angiospermas), que resultaram na descrição de novas espécies para a ciência, bem como o registro de espécies endêmicas para a região (VIANA et al. 2016), no entanto esses trabalhos não geraram uma listagem compreensiva da totalidade das espécies ocorrentes em Carajás.

Em 2015, iniciou-se o projeto "Flora das Cangas da Serra dos Carajás" (FCC) uma parceria entre o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e o Instituto Tecnológico Vale (ITV) (VIANA et al. 2016). O projeto foi desenvolvido nas cangas da FLONA de Carajás (Serra Norte e Serra Sul) e no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (PNCF), e incluiu grupos botânicos de briófitas, samambaias, licófitas, gimnospermas e angiospermas. O número de exsicatas analisadas no estudo das briófitas foi de 736, sendo 452 provenientes das excursões de campo e 284 do acervo do Herbário da Universidade Federal de Minas Gerais, BHCB (Thiers, continuamente atualizado), resultando no registro e descrição de 14 famílias de musgos, 28 gêneros e 54 espécies, enquanto para as hepáticas foram registradas 8 famílias, 18 gêneros e 35 espécies (OLIVEIRA-DA-SILVA; ILKIU-BORGES, 2018). O estudo das samambaias e licófitas foi realizado com base em coletas realizadas entre 2007 e 2013 depositadas no Herbário BHCB, com duplicatas no Herbário João Murça Pires do Museu Paraense Emílio Goeldi – MG (Thiers, continuamente atualizados). Foram registradas e descritas 175 espécies de samambaias,

distribuídas em 22 famílias e 68 gêneros, bem como 11 espécies de licófitas, organizadas em 3 famílias e 4 gêneros (SALINO et al. 2018).

Os estudos das Fanerógamas (Gimnospermas e Angiospermas) foram realizados a partir de 3.533 amostras das coletas de campo depositadas pelo projeto no MG, juntamente com o acervo inicial que contava com cerca de 3.300 amostras do BHCB e 6.000 do MG. Durante o desenvolvimento do projeto, o material foi identificado e triado e enviado para especialistas. Os tratamentos foram preparados e publicados em quatro volumes da revista *Rodriguésia*, do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, acrescidos de uma lista final de fanerógamas (MOTA et al. 2018) que, na conclusão do projeto, somou 856 espécies pertencentes a 419 gêneros e 116 famílias de fanerógamas que cresciam associadas às cangas de Carajás. As famílias com maior riqueza de espécies foram Poaceae, Fabaceae, Rubiaceae, Cyperaceae, Melastomataceae, Asteraceae, Orchidaceae, Myrtaceae, Apocynaceae, Convolvulaceae e Solanaceae. O setor com maior riqueza de espécies foi a Serra Norte, com 659 espécies de plantas com flores, enquanto na Serra Sul foram registradas 545 espécies (MOTA et al. 2018). Em relação às Gimnospermas, foi registrada uma espécie, *Gnetum nodiflorum* Brongn. encontrada nos capões de mata. Esse grande projeto, concluído em 2018, representa atualmente a única flora completa concluída contemplando um setor da Amazônia brasileira, tratando cerca de 13% das espécies atualmente reconhecidas para o estado do Pará (MOTA et al. 2018).

As espécies endêmicas especificamente do substrato das cangas de Carajás (endêmicas edáficas) foram estudadas por Giulietti et al. (2019), que publicaram uma lista com 38 espécies de plantas vasculares distribuídas em 31 gêneros e 21 famílias. Entre essas espécies, 24 são consideradas raras e 7 com endemismo altamente restrito: *Carajasia cangae* R.M.Salas, E.L.Cabral & Dessen (Rubiaceae), *Daphnopsis filipendiculata* Nevling & Barringer (Thymelaeaceae), *Ipomoea cavalcantei* D.F.Austin, (Convolvulaceae), *Paspalum carajasense* S.Denham (Poaceae), *Mimosa dasilvae* A.S.Silva & R.Secco (Fabaceae) e a licófito *Isoetes*

cangae J.B.S. Pereira, Salino & Stützel (Isoetaceae). A localização precisa de populações de espécies endêmicas é uma preocupação constante de parte de profissionais da área de conservação, como um meio de salvaguardar e proteger esses táxons de diversos tipos de ameaça. Infelizmente, apesar de ser fundamental para o manejo das áreas protegidas, o conhecimento das espécies incluídas em unidades de conservação no Brasil ainda é esparso (Oliveira et al. 2017; Moreira et al. 2020).

O Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (PNCF) foi criado em 5 de junho de 2017, com a finalidade de garantir a existência dos campos rupestres associados ao substrato ferrífero (canga) e de suas espécies. A fim de salvaguardar a biodiversidade, foi instituída como uma Unidade de Conservação de Proteção Integral segundo a lei do SNCU. Foram incluídas dentro do PNCF as cangas da Serra da Bocaina e da Serra do Tarzan. O plano de manejo da FLONA de Carajás (ICMBIO 2016b) já previa a criação de uma unidade de conservação integral na região da FLONA, e isso levou à anexação da Serra da Bocaina, que estava localizada fora dos limites da FLONA, através de aquisição pela Vale S.A. como forma de compensação espeleológica (ICMBIO 2016b). Na Serra da Bocaina foram registradas 230 espécies pelo projeto FCC e na Serra do Tarzan 228 espécies, totalizando 351 espécies para o PNCF (MOTA et al. 2018). Apesar desta ter sido a primeira lista de espécies para o PNCF, Zappi et al. (2019) apontaram para a necessidade de complementação desta lista com mais coletas no recém criado PNCF, de modo a verificar qual proporção da diversidade vegetal das cangas de Carajás encontra-se preservada através dessa unidade de conservação integral. Naquele momento, sabia-se que os esforços de coleta do projeto FCC foram concentradas em áreas hoje em dia já mineradas e nas áreas em fase de licenciamento. Vale ressaltar que o acesso à Serra da Bocaina e do Tarzan também mostrava-se mais difícil do que o das demais áreas de canga da FLONA de Carajás.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSTIN, D.F. Novidades nas Convolvulaceae da flora amazônica. **Acta Amazonica, Manaus**, AM, v. 11, n. 2, p. 291-295, 1981. <https://doi.org/10.1590/180943921981112291>
- BARROSO, G. M.; KING, R. M. New taxa of Compositae (Eupatorieae) from Brazil. **Brittonia**, [s.l.], v. 23, n. 2, p. 118–121, 1971. <https://doi.org/10.2307/2805427>
- BURMAM, A.G.; BASTOS, M.N.C. A new species of *Thrasya* H.B.K. (Graminae) from Brazil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica**, Belém, v.4 n.2, p. 235-241, 1988. Disponível em: <https://repositorio.museu-goeldi.br/handle/mgoeldi/859> Acesso em: 24 abr. 2021.
- BASTOS, M.N.C. A flora “rupestre” da Serra dos Carajás (Gramineae) - I Estudo taxonômico das espécies dos gêneros *Mesosetum* Steud. e *Thrasya* H.B.K. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica**. Belém, v. 8, n. 1, p. 45-56. 1992
- BASTOS, M.N.C. A flora “rupestre” da Serra de Carajás (Gramineae) - III gênero *Ichnanthus* Beauv. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Serie Botânica**. Belém, v. 9, p. 279-293. 1993.
- CAVALCANTE, P.B. *Centrosema carajasense*, uma nova Leguminosae da Amazônia brasileira. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica**. Belém, v. 37, p. 1-4. 1970. Disponível em: Acesso em: 24 abr. 2021
- CORREIA, R. Carajás: História e Descoberta. **Minas Jr. Consultoria Mineral**. 2019. Disponível em: <https://www.minasjr.com.br/descoberta-da-serra-carajas/> Acesso em: 23 jun. 2021.
- GIULIETTI, A. M. *et al.* Edaphic Endemism in the Amazon: Vascular Plants of the canga of Carajás, Brazil. **The Botanical Review**, [s.l.], 2019. ISSN: 1874-9372, DOI: 10.1007/s12229-019-09214-x.
- ICMBIO. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Plano de manejo da Floresta Nacional de Carajás, volume II. Planejamento. 68p. 2016b.
- KING, R. M.; ROBINSON, H. Studies in the Eupatorieae (Asteraceae). CXCIV. A new genus Parapiqueria. **Phytologia**, [s.l.], v. 47, p. 110–112, 1980a.
- KING, R. M.; ROBINSON, H. **Studies in the Eupatorieae (Asteraceae)**. CXCV. A new genus Cavalcantia. **Phytologia**, [s.l.], v. 47, p. 113–116, 1980b.
- MOTA, N. F. O. *et al.* Amazon canga: the unique vegetation of Carajás revealed by the list of seed plants. **Rodriguésia**, [s.l.], v. 69, n° 3, p. 1435–1487, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201869336>
- OLIVEIRA-DA-SILVA, F.; ILKIU-BORGES, A.L. Bryophytes (Bryophyta and Marchantiophyta) of the canga of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil. **Rodriguésia**, [s.l.], v. 69, n. 3, p. 1405-1416, 2018. DOI: 10.1590/2175-7860201869334
- PIRANI, J.R. & THOMAS, W.W. 1988. Duas novas espécies de *Picramnia* da flora do norte do Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica**. Belém. v. 4, p. 271-280. 1988.

PORTO, M. L.; SILVA, M. F. F. Da. Tipos de vegetação metalófila em áreas da serra de Carajás e de Minas Gerais, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [s.l.], v. 3, n. 2, p. 13–21, 1989. ISSN: 0102-3306, DOI: 10.1590/S0102-33061989000200002.

SALINO, A. *et al.* Ferns and lycophytes from Serra dos Carajás, an Eastern Amazonian mountain range. **Rodriguésia**, [s.l.], v. 69, n° 3, p. 1417–1434, 2018. ISSN: 2175-7860, DOI: 10.1590/2175-7860201869335.

SECCO, R. de S. Carajás: bibliografia atualizada e comentada sobre os estudos realizados pelo Museu Paraense Emílio Goeldi. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais**, Belém, v. 11, n. 1, p. 10, 2016.

SECCO, R.S.; LOBO, M.G. Considerações taxonômicas e ecológicas sobre a flora dos “campos rupestres” da serra dos Carajás (PA). **Boletim da Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 30-44. 1988.

SECCO, R.S.; MESQUITA, A.L. Nota sobre a vegetação de canga da Serra Norte. I. **Boletim Paraense Emílio Goeldi, Nova Série Botânica**, Belém, v.59, p. 1-13. 1983.

SILVA, A.S. A flora “rupestre” de Carajás - Fabaceae. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica**, Belém, v. 9, p. 3-30. 1993

SILVA, M.F.F. Análise florística da vegetação que cresce sobre canga hematítica em Carajás - Pará (Brasil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica**. Belém, v.7, p. 79-108. 1991.

SILVEIRA, E.C. *et al.* Flora Orquidológica da Serra dos Carajás, estado do Pará. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica**. Belém, v.11, p.75-87, 1995.

VIANA, P.L. *et al.* Flora of the cangas of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil: history, study area and methodology. **Rodriguésia**, [s.l.], v. 67, n° 5, p. 1107–1124, 2016. ISSN: 2175-7860, DOI: 10.1590/2175-7860201667501.

ZAPPI, D.C. *et al.* Plotting a future for Amazonian canga vegetation in a campo rupestre context. **PLOS ONE**, [s.l.], v. 14, n. 8, p., 2019. ISSN: 1932-6203, DOI: 10.1371/journal.pone.0219753.

2. COMPARAÇÃO DA SIMILARIDADE FLORÍSTICA DAS CANGAS DO PARQUE NACIONAL DOS CAMPOS FERRUGINOSOS COM OUTRAS ÁREAS DE CANGA DA AMAZÔNIA ORIENTAL

Livia Gadelha Silva¹, Juliana Lovo² & Daniela Zappi^{1,3}

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia/ Museu Paraense Emílio Goeldi. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Botânica Tropical, Av. Perimetral 1901, Terra Firme, CEP 66077-830, Belém, PA, Brasil.

² Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e da Natureza – Campus I. Castelo Branco, CEP 58051900, João Pessoa, PB, Brasil.

³ Universidade de Brasília. Asa Norte. CEP 70910900, Brasília, DF, Brasil.

Artigo a ser submetido ao Brazilian Journal of Botany.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

O estabelecimento de áreas protegidas é uma estratégia global que busca diminuir a perda de biodiversidade e a manutenção de serviços ecossistêmicos. O Parque Nacional dos Campos Ferruginosos é a única área de canga amazônica protegida integralmente da mineração. As cangas são ambientes de grande importância econômica por apresentarem substrato rico em minério de ferro, tornando esse ambiente altamente ameaçado pela atividade de mineração. Por outro lado, são ambientes biodiversos e ricos em espécies endêmicas, o que os torna importantes para conservação biológica. Deste modo, os objetivos do presente estudo foram: ampliar o conhecimento da lista florística das cangas do PNCF, comparar a similaridade florística entre as serras que a compõem e verificar a representatividade das espécies de canga encontradas na Floresta Nacional de Carajás, Serra Arqueada e Serra de Campos de São Félix do Xingu no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos. Foram realizadas análises multivariadas, empregando métodos de ordenação – *Non-metric multidimensional scaling* e de agrupamento – *Unweighted Pair Group Methodmean*, ambas usando a distância de Sørensen (Bray-curtis). Nossas coletas adicionaram 160 espécies à lista florística do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos e as análises multivariadas mostraram que as áreas analisadas apresentam índices de similaridade florística baixos. A diferença de micro habitats encontrados nessas áreas influencia na alta diversidade beta das cangas amazônicas. Nesse sentido, apesar do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos não abrigar a totalidade de espécies das cangas estudadas ele é uma área estratégica de conservação da vegetação sobre afloramentos ferruginosos no Pará, seus habitats e serviços ecossistêmicos associados.

Palavras-chave: Cangas amazônicas, conservação, diversidade beta, levantamento florístico, similaridade florística.

ABSTRACT

The creation of protected areas is a global strategy to reduce biodiversity loss and to maintain ecosystem services. The Parque Nacional dos Campos Ferruginosos is the only area of Amazonian *canga* that has a status of being permanently protected. The *canga* is an environment of great natural and economic value because it has a high number of endemic species and the soil is rich in iron ore, which makes this environment threatened. Thus, the objective of this study was to complement the floristic list of this protected area to compare the floristic similarity between it and the Floresta Nacional de Carajás, Serra Arqueada and Serra de Campos de São Félix do Xingu (which are other outcrops of Amazonian *canga*) in the Parque Nacional dos Campos Ferruginosos. Multivariate analyses were performed using *Non-metric multidimensional scalling* (NMDS) and clustering – *Unweighted Pair Group Methodmean* (UPGMA), both using the Bray-curtis distance. Our collections added 160 species to the floristic list of the Parque Nacional dos Campos Ferruginosos and the multivariate analyses showed that the areas analyzed had a low floristic similarity index. The differences of the microhabitats found in the areas highlight the high beta diversity over the Amazonian *canga* sites, making each area unique. Therefore, although the Campos Ferruginosos National Park does not harbor all the species of the other Amazonian *cangas*, it is a strategic area for the conservation of the vegetation on ferruginous outcrops in the state of Pará, protecting both its biodiversity, different habitats and associated ecosystem services.

Key words: Amazonian *cangas*, beta diversity, conservation, floristic similarity, plant survey.

1. Introdução

O estabelecimento de áreas protegidas é uma estratégia global que busca mitigar a perda de biodiversidade e proteger áreas naturais intactas com a finalidade de manter a existência dos serviços ecossistêmicos (Soares-Filho et al. 2010; Yang et al. 2021). Uma das metas de Aichi, para deter a perda de biodiversidade que deveriam ser implementadas no período de 2011 a 2020, era o aumento do número de áreas protegidas (CBD, 2013). Em face disso, nos últimos anos o número de áreas protegidas aumentou e, atualmente, 15,4% da superfície terrestre é coberta por unidades de conservação da natureza (UNEP-WCMC, IUCN and NGS 2021). No entanto, estudos recentes indicam que, além de aumentar o número de áreas protegidas, é também necessário o investimento em manejo e gerenciamento dessas áreas para que elas possam contribuir significativamente na contenção da perda de biodiversidade (Laurance et al. 2012; Geldmann et al. 2015, 2019; Yang et al. 2021)

O Brasil foi o primeiro país a tornar-se signatário da Convenção da Diversidade Biológica, que entrou em vigor no país em 1993 e a partir de então vários programas e projetos nacionais voltados à conservação da natureza foram criados, tais como o Programa Nacional da Diversidade Biológica (Pronabio), o Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (Funbio) e a Comissão Nacional da Biodiversidade (Conabio) e o Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (Probio) (Coelho 2018)

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) (Lei nº 9.985 de 18/07/2000), foi implementado no ano 2000 e consolidou as iniciativas governamentais supracitadas (Coelho, 2018). Além disso, o SNUC passou a classificar as unidades de conservação em Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável, ambas possuem várias categorias com objetivos de conservação distintos (Brasil, 2011).

A Amazônia brasileira possui atualmente, 37% do seu território protegido por unidades de conservação (ICMBIO 2021). A Floresta Nacional de Carajás (FLONA de Carajás) e o Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (PNCF) (Fig. 1) são, respectivamente, unidades de conservação de uso sustentável e de proteção integral localizadas no sudeste do estado do Pará, e juntamente com a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, Floresta Nacional do Itacaiúnas, Reserva Biológica do Tapirapé, Área de Proteção Ambiental do Igarapé Gelado e Terra Indígena Xikrin do Cateté formam o Mosaico de Carajás (ICMBIO 2016a). Essas áreas protegidas por lei são especialmente relevantes para a preservação da biodiversidade e de todos os processos ecológicos nesta região da Amazônia, que por integrar o arco do desmatamento (Zappi et al. 2016) possui áreas adjacentes fortemente degradadas pelo pastoreio e agricultura (Mota et al. 2015; Souza-Filho et al. 2016).

A FLONA de Carajás foi criada em fevereiro de 1998 com aproximadamente 412 mil hectares e, dentro de seus limites, localiza-se parte do complexo montanhoso Serra dos Carajás, onde a empresa Vale S.A. extrai minérios desde de 1985 (Viana et al. 2016). O PNCF foi criado em junho de 2017 e apresenta aproximadamente 79.000 hectares dentro dos quais estão localizadas as Serras da Bocaina e do Tarzan, além de vastas áreas de floresta tropical ombrófila que circundam os campos rupestres no topo dessas serras. A FLONA de Carajás e o PNCF abrigam, nas suas partes mais altas, áreas de vegetação rupestre herbáceo-arbustiva que se desenvolve sobre a canga ferruginosa.

As cangas são ambientes de grande importância natural e econômica, abrigando, por um lado, grande diversidade de fauna e flora, numerosas cavernas, beleza cênica e recursos hídricos e, por outro, cobrindo um substrato rico em minério de ferro de elevado valor comercial (Souza and Carmo 2015). De modo geral, as características do solo, como altas concentrações de metais pesados como Ferro e Manganês (Skiryicz et al. 2014), altas temperaturas, pH ácido, além da alta incidência solar e a pouca disponibilidade de água por parte do ano impõe limitações para

o estabelecimento da comunidade vegetal (Oliveira et al. 2015; Vasconcelos et al. 2016; Carmo and Jacobi 2016). Entretanto, esses ecossistemas apresentam grande diversidade e endemismos (Viana et al. 2016; Mota et al. 2018; Zappi et al. 2019; Giulietti et al. 2019) indicando que as espécies que se estabelecem sobre as cangas possuem mecanismos particulares, possivelmente adaptações, que possibilitam sua sobrevivência em ambiente tão inóspito (conferir Porto and Silva 1989; Jacobi et al. 2007; Zappi 2017).

O complexo de cangas da FLONA de Carajás está distribuído entre os blocos de canga da Serra Norte (N1, N2, N3, N4, N5, N6, N7 e N8) que são separados por densa matriz florestal e o contínuo de canga da Serra Sul (S11A, S11B, S11C e S11D). Atualmente, os corpos de cangas N4, N5 e S11D estão sob processo de mineração, sendo este último o maior complexo minerador da Vale S.A (Vale, 2021). As áreas de cangas no PNCF correspondem à Serra da Bocaina e Serra do Tarzan.

Antes da criação do PNCF a Serra da Bocaina não estava sob proteção, sendo parte de uma fazenda e rodeada por áreas de pastagem (ICMBIO 2016b). Já a Serra do Tarzan encontrava-se mais protegida, pois seus limites estavam previstos dentro da FLONA de Carajás, criada há 23 anos, quando a região estava menos perturbada (ICMBIO 2016b). Atualmente, com a desapropriação das terras ao redor da Serra da Bocaina para a formação do PNCF, o entorno da Serra está sob processo de regeneração florestal (Brasil 2017). Além dessas áreas, existem também na região de Carajás outros afloramentos de canga que não estão sob proteção legal, como a Serra Arqueada, localizada em Ourilândia do Norte (Fonseca-da-Silva et al. 2020), e a Serra de Campos, localizada na cidade de São Félix do Xingu (Andrino et al. 2020).

A vegetação sobre cangas da região de Carajás foi estudada por meio do projeto "Flora das Cangas da Serra dos Carajás" (FCC) (Viana et al. 2016), no qual foram registradas e descritas 1131 espécies vegetais, sendo 89 espécies de Briófitas (Oliveira-da-Silva and Ilkiu-Borges 2018), 175 espécies de Samambaias, 11 espécies de Licófitas (Salino et al. 2018) e 856

espécies de Fanerógamas (Mota et al. 2018). Listas florísticas da Serra Arqueada (Fonseca-da-Silva et al. 2020) e da Serra de Campos, em São Félix do Xingu (Andrino et al. 2020) também foram recentemente publicadas.

Apesar da flora do PNCF ter sido estudada na FCC, essa área permaneceu subamostrada pois, historicamente, os esforços de coleta foram concentrados em áreas licenciadas ou em fase de licenciamento para mineração (Mota et al. 2018). Estudos recentes indicam que diferentes corpos de canga de Carajás possuem composição florística consideravelmente distintas, com elevada diversidade beta entre diferentes topos de morro. Com isso, a destruição de cada área de canga pela mineração leva potencialmente à iminente perda de parte dessa biodiversidade (Zappi et al. 2019).

O Parque Nacional dos Campos Ferruginoso é, atualmente, a única área de canga amazônica sob regime de proteção integral, por isso é necessário estudar a sua flora, a fim de verificar se ela engloba a totalidade das espécies das outras cangas já estudadas (Serra Norte, Serra Sul, Serra Arqueada e Serra de Campos de São Félix do Xingú). Se o PNCF salvaguarda parte das espécies dos outros corpos de cangas, ainda continua sendo necessário protegê-las da mineração e outras ameaças. Além disso, seu estudo minucioso merece mais atenção para fundamentar as autoridades encarregadas de traçar estratégias de conservação e manejo do PNCF.

Nesse sentido os objetivos do presente estudo foram aumentar o esforço de coleta no PNCF para, através de uma lista de espécies mais completa, comparar a similaridade florística entre as áreas de cangas da região de Carajás; comparar a similaridade florística entre a Serra da Bocaina e a Serra do Tarzan visto que ambas pertencem ao mesmo complexo (PNCF), mas possuem diferentes históricos de ocupação e delimitação das áreas de preservação; verificar a

representatividade das espécies encontradas na Serra Norte, Serra Sul, Serra Arqueada e Serra de Campos de São Félix do Xingu no PNCF.

No presente trabalho a flora das cangas da Serra da Bocaina foi complementada como objetivo e resultado do mestrado da primeira autora. Os dados das cangas da Serra do Tarzan foram utilizados do trabalho de mestrado ainda não publicado de Taiana Laura Fonseca da Silva. O esforço amostral foi maior na Serra da Bocaina devido à maior facilidade de acesso a essa área.

2. Material e Métodos

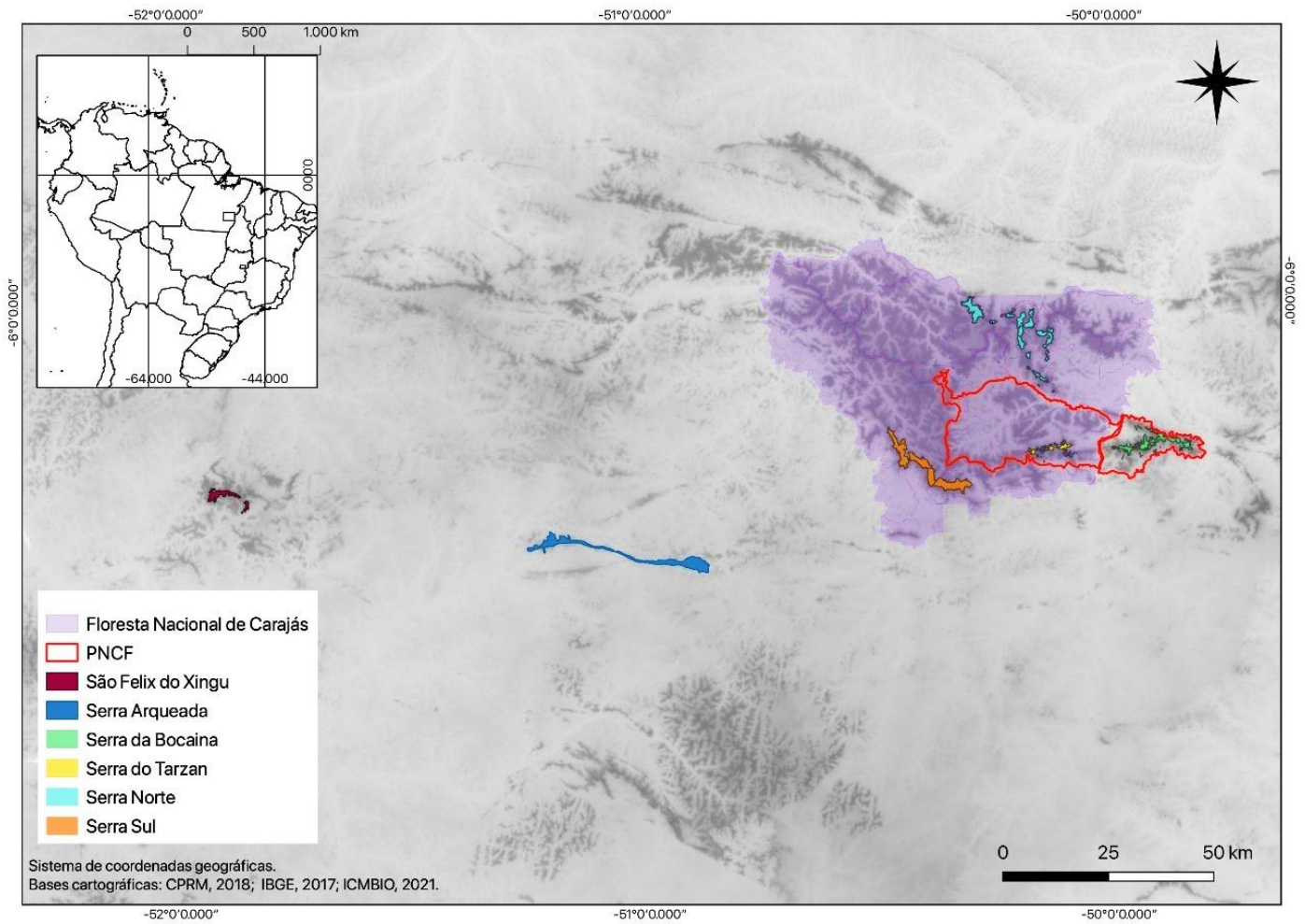
2.1. Área de estudo

O tema do presente estudo foi a vegetação das cangas ferruginosas do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (Fig. 1). Nesta unidade de conservação de proteção integral estão incluídas duas serras com corpos de canga no topo: a Serra da Bocaina e a Serra do Tarzan, além das áreas de terras baixas circundantes com floresta tropical ombrófila. A Serra da Bocaina compreende cerca de 19.98Km² de áreas de canga situada a 770m de altitude, rodeada por áreas de pastagem e formações florestais. O acesso aos afloramentos se dá através da estrada PA 160 saindo de Parauapebas rumo à Canaã dos Carajás, entrando na Vila Sedere I em direção à entrada principal do Parque, situada sob a coordenada 6°16'59.7"S, 49°58'16.2"W. O acesso às áreas de canga se dá através de 10-15 km de trilhas para veículos 4×4. A Serra do Tarzan possui cerca de 8.3 Km² de áreas de canga situada a 750m de altitude, rodeada por formações florestais densas. O acesso a essas áreas de canga é feito pela estrada PA 160 saindo de Canaã dos Carajás em direção à estrada de acesso à área S11D. A entrada da Serra do Tarzan está situada sob a coordenada 6°23'12"S 50°6'38"W. Para acessar as áreas de canga, há uma trilha íngreme para

veículos 4×4 que percorre 10 a 12 km de terreno acidentado, muitas vezes bloqueado por árvores caídas.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo AWi tropical, chuvoso com seca no inverno (Alvares et al. 2013) e possui duas grandes divisões: o Clima Equatorial Continental nas terras baixas ao redor das serras, e o Clima Equatorial Mesotérmico de Altitude, nos topos das Serras, onde a temperatura varia entre 23 °C e 25 °C (Alvares et al. 2013). A estação chuvosa ocorre de novembro a abril com média de precipitação pluviométrica de 229 mm a cada mês, enquanto a estiagem ocorre de junho a setembro com média de precipitação mensal igual 34 mm (ICMBIO 2016a). Há também dois períodos de transição: em outubro, do período seco para o chuvoso, e em maio, de chuvoso para seco (ICMBIO 2016a).

Figura 1. Localização geográfica do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos e demais áreas de Carajás analisadas no presente estudo. Fonte: Autoras.



2.2 Metodologia:

2.2.1 Excursões botânicas e coletas florísticas

Seis excursões botânicas foram realizadas à Serra da Bocaina entre 2018 e 2020 (setembro 2018, maio, julho, outubro e novembro 2019 e fevereiro 2020) e duas excursões à Serra do Tarzan (julho de 2019 e fevereiro de 2020), contemplando os períodos seco e chuvoso no intuito de coletar material fértil de espécies de Angiospermas. Seguimos a metodologia de Filgueiras et al. 1994 realizando caminhadas aleatórias e coletando material fértil nos diferentes tipos de vegetação associados à canga ferruginosa encontradas nas Serras estudadas. De acordo com Mota et al. (2015), é possível reconhecermos duas principais tipologias vegetais, a vegetação rupestre ferruginosa e as formações hidromórficas. A vegetação rupestre ferruginosa inclui vegetação rupestre arbustiva, campo rupestre sobre canga couraçada, campo rupestre sobre canga nodular e mata baixa (Mota et al. 2015). A vegetação hidromórfica consiste em campos brejosos, lagoas temporárias e perenes, curso d'água intermitente, buritizais e buritiranais e mata paludosa (Mota et al. 2015). Além destas, existem também florestas associadas às serras ferruginosas (Mota et al. 2015). Os espécimes coletados foram herborizados usando técnicas usuais de herbário e depositados no Herbário João Murça Pires (MG), do Museu Goeldi, em Belém, Pará. As duplicatas foram separadas e serão enviadas aos herbários RB, HCJS e BHCN (abreviações de acordo com Thiers, continuamente atualizado) e enviadas para especialistas.

2.2.2 Identificação e listagem dos espécimes das cangas do PNCF

Todos os dados de cada coleta, incluindo registros fotográficos, foram compilados utilizando o software Brahms (BRAHMS7 2018). Além disso, foram realizadas buscas no Herbário Virtual de Flora e Fungos (INCT) utilizando os seguintes parâmetros: no campo

município pesquisamos por Canaã dos Carajás, Parauapebas e Marabá, no campo localidade pesquisamos por Serra da Bocaina, Serra do Rabo (como era conhecida a Serra da Bocaina) e Serra do Tarzan. As buscas resultaram em 489 registros para a Serra da Bocaina e 363 para a Serra do Tarzan. Não encontramos nenhum registro quando o município pesquisado era Marabá. Foram incluídos apenas os materiais coletados em área de canga. Todos esses dados foram compilados em um arquivo RDE no software Brahms (BRAHMS7 2018). Todos os registros foram verificados e atualizados com relação a sua identificação, uso do nome correto e ocorrência de duplicatas. As identificações foram realizadas no Herbário MG, consultando o acervo do mesmo, literatura especializada, especialmente a FCC (Mota et al. 2018), consulta a especialistas e às bases de dados virtuais do Herbário virtual da Flora e dos Fungos (INCT 2018), Herbário Virtual Re flora (REFLORA 2020) e The New York Botanical Garden (NYBG 2021). Os nomes das espécies e dos autores foram checados na base de dados da Flora do Brasil 2020 (FLORA DO BRASIL 2020) e The International Plant Names Index (IPNI 2019).

2.2.3 Compilação do banco de dados

Para compor a base de dados deste trabalho, adicionamos as novas coletas e registros identificados ao banco de dados final do projeto FCC (Mota et al. 2018), que já havia listado 230 espécies para a Serra da Bocaina e 228 espécies para a Serra do Tarzan, perfazendo anteriormente 351 espécies para o PNCF. Foram selecionadas listas de espécies de outras áreas de cangas da FLONA de Carajás compreendendo as Serras Norte e Sul (Mota et al. 2018), as listas florísticas de da Serra de Campos de São Félix do Xingu (Andrino et al. 2020) e de Serra Arqueada (Fonseca-da-Silva et al. 2020). Todas as listas foram adicionadas ao módulo *Plotsamples* do nosso banco de dados no Brahms.

2.2.4 Análises biogeográficas

As listas de espécies das cangas de Carajás foram organizadas de acordo com a respectivas localidades para comparações biogeográficas: FLONA de Carajás Serras Norte e Sul (Serra Norte: CRJ-SN1, CRJ-SN2, CRJ-SN3, CRJ-SN4, CRJ-SN5, CRJ-SN6, CRJ-SN7, CRJ-SN8; Serra Sul: CRJ-S11A, CRJ-S11B, CRJ-S11C, CRJ-S11D), Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (Serra da Bocaina e Serra do Tarzan: PNCF-B e PNCF-T), Serra de Campos de São Félix do Xingu (SFX) e Serra Arqueada (ARQ-CAN). Espécies exóticas invasoras e táxons não identificados em nível específico foram excluídos das análises, bem como da lista de espécies (Tabela 2) entretanto as espécies novas confirmadas foram mantidas em nossas planilhas e aparecem identificadas com sp., sendo que todas essas encontram-se em processo de publicação, como por exemplo, *Diastema* sp. (Chautems et al. 2018) e *Croton* sp. (Costa et al. 2018). Os nomes das espécies foram padronizados seguindo dicionários automáticos e internos do BRAHMS e a ferramenta *online* Plantminer (Carvalho et al. 2010) e transformadas em uma matriz de presença e ausência (S1 Material Suplementar) mostrando quais espécies ocorriam em cada local. Os locais de estudo e seus códigos de área correspondentes, bem como o número de espécies presentes para cada local são apresentados na Tabela 1. A matriz de dados foi analisada no software Past 4.04 (Hammer et al. 2001) para a realização de análises multivariadas, empregando métodos de ordenação – *Non-metric multidimensional scaling* (NMDS) – e de agrupamento – *Unweighted Pair Group Methodmean* (UPGMA), ambas usando a distância de Sørensen (Bray-curtis). Ademais, foram realizadas também análises de comparação entre as áreas através da ferramenta *online* Venny (Oliveros 2018), produzindo diagramas de Venn no intuito de verificar a sobreposição florística entre as áreas estudadas.

Tabela 1. Áreas comparadas neste estudo com respectivos códigos usados nas análises multivariadas e o número de espécies registradas em cada área. Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (PNCF-B e PNCF-T, respetivamente, Serra da Bocaina e Serra do Tarzan) foram atualizados com os dados produzidos no presente trabalho. Demais áreas foram obtidas dos seguintes estudos: Serra Arqueada (ARQ-CAN) (Fonseca-da-Silva et al. 2020), Flora das cangas da Serra de Carajás (FCC) (Mota et al. 2018), Serra de Campos de São Félix do Xingu (SFX) (Andrino et al, 2020). O tamanho das áreas segue Andrino et al. (2020).

Código	Área	Área Km ²	Nº de espécies	Áreas agrupadas	Espécies acumuladas
ARQ-CAN	Serra Arqueada	1.27Km ²	146	Serra Arqueada	146
CRJ-S11A	Serra dos Carajás – Serra Sul 11 A	15.27Km ²	184	Serra Sul	539
CRJ-S11B	Serra dos Carajás – Serra Sul 11 B	8.44Km ²	208		
CRJ-S11C	Serra dos Carajás – Serra Sul 11 C	6.26Km ²	185		
CRJ-S11D	Serra dos Carajás – Serra Sul 11 D	16.41Km ²	434		
CRJ-SN1	Serra dos Carajás – Serra Norte 1	11.81Km ²	388	Serra Norte	647
CRJ-SN2	Serra dos Carajás – Serra Norte 2	0.86Km ²	130		
CRJ-SN3	Serra dos Carajás – Serra Norte 3	2.1Km ²	222		
CRJ-SN4	Serra dos Carajás – Serra Norte 4	14.83Km ²	312		
CRJ-SN5	Serra dos Carajás – Serra Norte 5	8.26Km ²	294		
CRJ-SN6	Serra dos Carajás – Serra Norte 6	0.97Km ²	100		
CRJ-SN7	Serra dos Carajás – Serra Norte 7	0.34Km ²	114		
CRJ-SN8	Serra dos Carajás – Serra Norte 8	2.69Km ²	104		
PNCF-B	Parque Nacional dos Campos Ferruginosos – Serra da Bocaina	19.98Km ²	409	Parque Nacional dos Campos Ferruginosos	561
PNCF-T	Parque Nacional dos Campos Ferruginosos – Serra do Tarzan	8.3Km ²	333		
SFX	Serra de Campos - São Félix do Xingu	9.04Km ²	246	Serra de Campos	246

3. Resultados

3.1. Parque Nacional dos Campos Ferruginosos

Foram coletados 410 espécimes que representam 225 espécies, 178 gêneros e 81 famílias na vegetação de canga do PNCF. Registramos um acréscimo de aproximadamente 45% de espécies (mais 160 espécies) à lista publicada por Mota et al. (2018) para o Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, sendo especificamente 120 registros novos para a Serra da Bocaina e 40 para a Serra do Tarzan. A Serra da Bocaina apresenta atualmente 409 espécies catalogadas e a Serra do Tarzan 333. Dessa forma, as cangas do PNCF apresentam atualmente 560 espécies de Angiospermas e uma espécie de Gimnospermas - *Gnetum nodiflorum* Brongn. – totalizando 561 espécies (Tabela 2) Algumas espécies que representam novos registros para o PNCF encontram-se ilustradas na figura 2.

Giulietti et al. (2019) catalogaram 25 espécies edáficas endêmicas no PNCF. A essa lista, nosso trabalho adicionou mais uma ocorrência nova de edáfica endêmica para a Serra do Tarzan - *Erythroxylum carajasense* (Plowman) Costa-Lima, que antes era registrado apenas na Serra Norte da Flona de Carajás, nos afloramentos de canga N1, N2, N3, N4, N5, N6 e N8; e na Serra da Bocaina (Mota et al. 2018; Giulietti et al. 2019). Com isso, temos registradas atualmente 19 espécies endêmicas edáficas na serra do Tarzan. Na Serra da Bocaina, fizemos o registro de mais três endêmicas edáficas dos campos rupestres de Carajás - *Anemopaegma carajense* A.H. Gentry ex Firetti-Leggieri, *Syngonanthus discretifolius* (Moldenke) M.T.C.Watan.e *Peperomia albopilosa* D. Monteiro. Com isso, aumentamos para 25 o número de espécies endêmicas edáficas dos campos rupestres de Carajás catalogadas para a Serra da Bocaina. Foram registradas também quatro novas ocorrências para o estado do Pará: *Croton gracilipes* Baill., *Gurania eriantha* (Poepp. & Endl.) Cogn., *Sabicea grisea* Cham. & Schltld e *Triphora uniflora* A.C.Ferreira, Baptista & Pansarin.

As famílias mais representativas na lista apresentada por Mota et al. (2018) foram Poaceae (40 spp.), Rubiaceae e Fabaceae (30 spp. ambas), Cyperaceae (26 spp.), Asteraceae (17 spp.), Convolvulaceae, Solanaceae, Melastomataceae e Lamiaceae (11 spp.). Tais famílias somavam 187 espécies, representando 53% das espécies registradas até aquele momento no PNCF. Com o aumento do esforço amostral realizado no presente trabalho, verificamos que essas mesmas famílias continuam sendo as mais representativas no PNCF (Fig. 3a) correspondendo agora a 45% das espécies registradas. Destacamos que nosso estudo levou a um aumento considerável no número de espécies registradas das famílias Euphorbiaceae, Malvaceae, Myrtaceae e Orchidaceae que tiveram sua representatividade expressivamente ampliada no presente estudo (Fig. 3b).

3.2. Complexo Carajás

A matriz de dados utilizada para as comparações florísticas no presente trabalho foi composta por 3808 registros de 1025 espécies com ocorrência verificada em 15 áreas de campos rupestres de Carajás (S1 Material suplementar). Comparando-se a similaridade florística entre o PNCF e as demais áreas de canga estudadas, observou-se que 144 espécies ocorrem exclusivamente no PNCF, correspondendo a 14% do total de espécies amostradas nesses habitats (Fig. 4a). Em relação às espécies compartilhadas com cada uma dessas outras três grandes áreas de canga, observamos que 228 espécies são compartilhadas exclusivamente pelo PNCF e as Serras Norte e Sul (Fig. 4a). A seguir, com números bem inferiores, temos seis espécies compartilhadas exclusivamente com São Félix e quatro espécies compartilhadas apenas com Serra Arqueada (Fig. 4a).



Figura 2. Espécies encontradas no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, a. *Odontadenia nitida* (Vahl) Müll.Arg., *B,T, b. *Erythroxylum carajasense* (Plowman) Costa-Lima, c. *Psittacanthus eucalyptifolius* (Kunth) G.Don, *B d. *Cuphea carajasensis* Lourteig e. *Pachira paraensis* (Ducke) W.S.Alverson, *B f. *Mouriri cearensis* Huber, *T, g. *Trichilia micrantha* Benth. h. *Myrcia bracteata* (Rich.) DC., *B, i. *Heisteria ovata* Benth, *T, j. *Cyrtopodium andersonii* (Lamb. ex Andrews) R.Br. k-l. *Triphora uniflora* A.C.Ferreira, Baptista & Pansarin, *B, m. *Cordia myrciifolia* (K.Schum.) C.H.Perss. & Delprete, *B, n-o. *Turnera glaziovii* Urb.*B. *B,T novo registro para o PNCF ambas as Serras. *B novos registros para Serra da Bocaina. *T novos registros para Serra do Tarzan. s a-i; k-m, o – Daniela Zappi; s j e n – Taiana L. Fonseca da Silva.

Quando a lista de espécies do PNCF é comparada separadamente com cada uma das outras quatro grandes áreas, verificou-se que a Serra Norte apresenta o maior compartilhamento, com 351 espécies em comum (Fig. 4b). Em segundo lugar, a Serra Sul possui 313 espécies compartilhadas com o PNCF (Fig. 4c); Serra Arqueada, por sua vez, possui 82 espécies registradas em comum com o PNCF (Fig. 4d) enquanto São Félix do Xingu apresenta 158 espécies encontradas também no PNCF (Fig. 4e).

A análise com o método de associação média (UPGMA) (Fig. 5b) produziu agrupamentos claros, com coeficiente de correlação cofenética igual a 0,8921. Mesmo com a adição de mais espécies à análise, os agrupamentos formados foram os mesmos encontrados por Fonseca-da-Silva et al. (2020) e Andrino et al. (2020).

Novamente a Serra Arqueada aparece como a área de canga com composição florística mais dissimilar. As demais áreas amostradas encontram-se reunidas em um grande agrupamento com índice de similaridade em torno de 35%. Dentro deste segundo conjunto, as cangas da Serra Norte são as áreas mais distintas floristicamente, formando dois subconjuntos: um conjunto entre as áreas CRJ-SN2, CRJ-SN6, CRJ-SN7 e CRJ-SN8 e outro agrupamento unido à CRJ-S11D: CRJ-SN1, CRJ-SN3, CRJ-SN4, CRJ-SN5. Neste agrupamento, as áreas CRJ-SN4 e CRJ-SN5 são as mais similares floristicamente dentre todas as áreas amostradas, com o índice de 61%.

A Serra Sul é uma área mais coesa floristicamente que a Serra Norte, formando um agrupamento entre as áreas CRJ-S11A, CRJ-S11B e CRJ-S11C com índice de similaridade de 55%, um valor menor que o apresentado pelos estudos anteriores. Em relação a esse agrupamento, as análises também diferiram das anteriores, por mostrarem uma relação diferente entre as áreas pois na análise presente a maior similaridade florística (58%) foi registrada entre CRJ-S11B e CRJ-S11C, enquanto nos estudos anteriores, CRJ-S11A e CRJ-S11B eram mais similares. As Serras da Bocaina e do Tarzan (PNCF) apresentam índice de similaridade

florística de 48% entre si e juntamente com SFX estão mais relacionadas ao agrupamento integrado por parte da Serra Norte (CRJ-SN1, CRJ-SN3-CRJ-SN5) e CRJ-S11D e Serra Sul (S11A-C).

Na análise de ordenação utilizando escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) (Fig. 5c) verificou-se que as áreas CRJ-SN4, CRJ-SN5 apresentaram menor distância relativa entre si. A Serra do Tarzan apresentou maior similaridade ao agrupamento formado por CRJ-SN1, CRJ-SN3, CRJ-SN4, CRJ-SN5 e CRJ-S11D. A Serra da Bocaina apresentou nessa análise mais dissimilaridades com a Serra do Tarzan. São Félix e Serra Arqueada são as áreas floristicamente mais distintas também na presente análise.

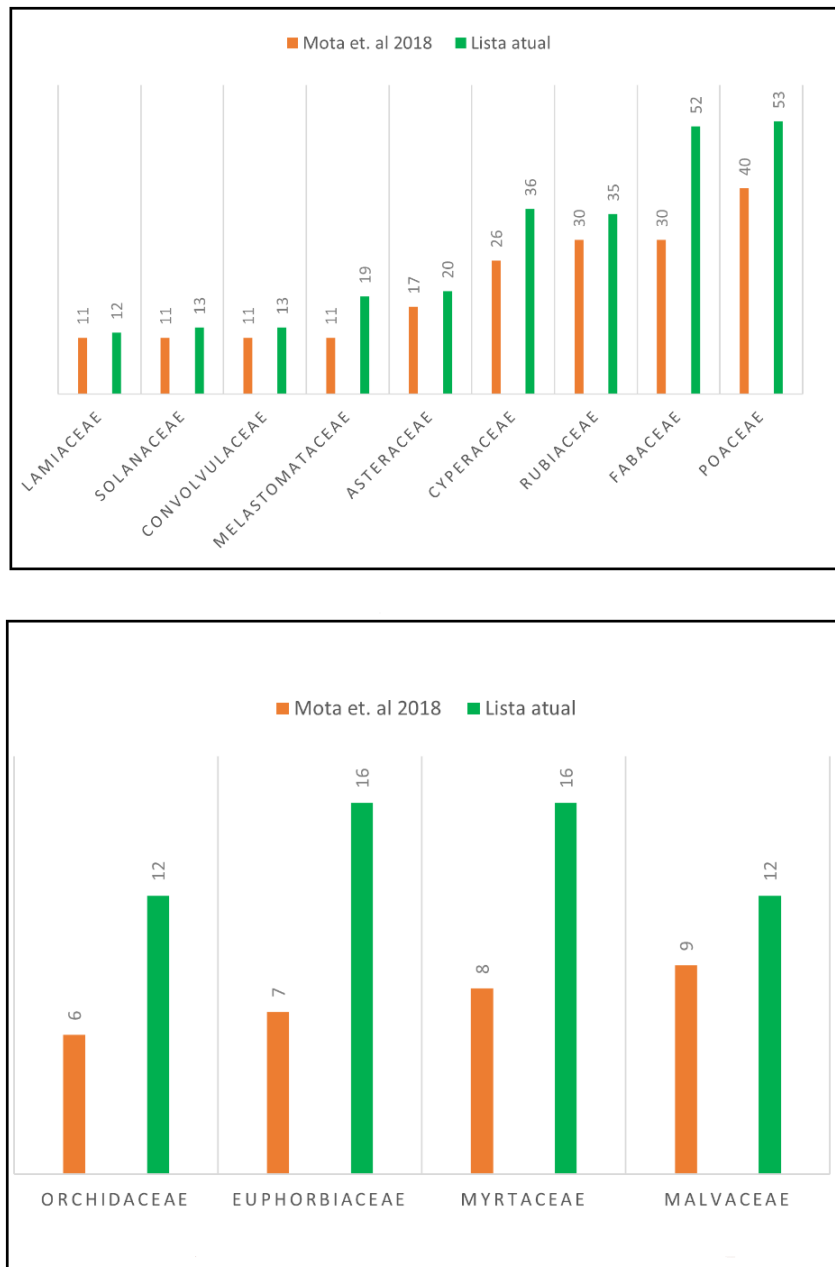


Figura 3. Comparação dos números de espécies por famílias amostradas em Mota et al. (2018) e presente estudo. A. Comparação entre famílias com maior riqueza espécies de acordo com Mota et al. (2018) e presente estudo. B. Famílias com aumento de riqueza de espécies no presente estudo.

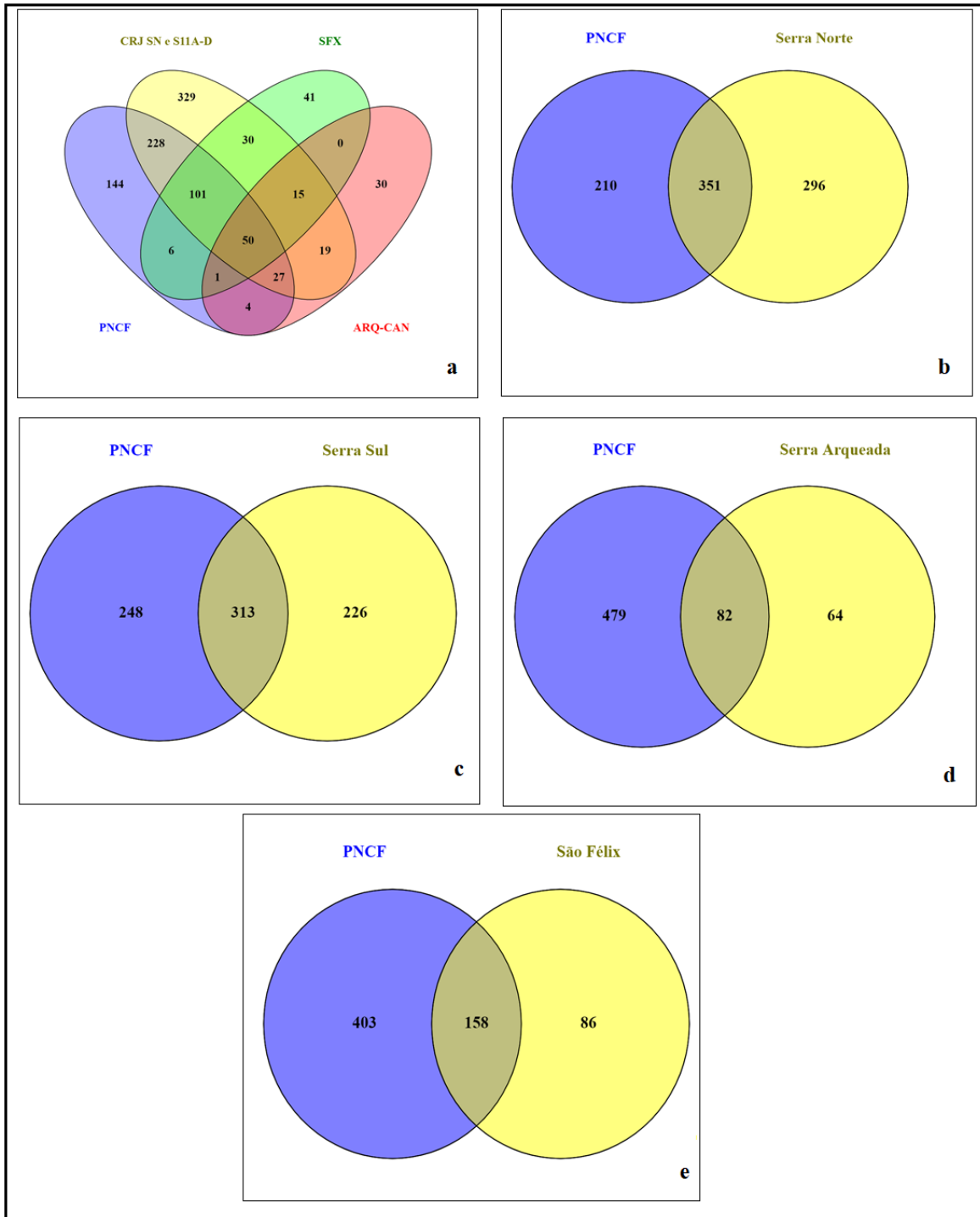


Figura 4. Diagramas de Venn comparando o número de espécies de espermatófitas exclusivas no PNCF e compartilhadas com as demais áreas de cangas da Floresta Nacional de Carajás (Serra Norte e Serra Sul), Serra Arqueada (ARQ-CAN) e Serra de Campos de São Félix do Xingu (SFX). A. Comparação entre o PNCF e demais áreas. B. Comparação entre o PNCF e Serra Norte (CRJ-SN). C. Comparação entre o PNCF e Serra Sul (CRJ-S11A-D). D. Comparação entre o PNCF e Serra Arqueada (ARQ-CAN). E. Comparação entre o PNCF e Serra de Campos de São Félix do Xingu (SFX).

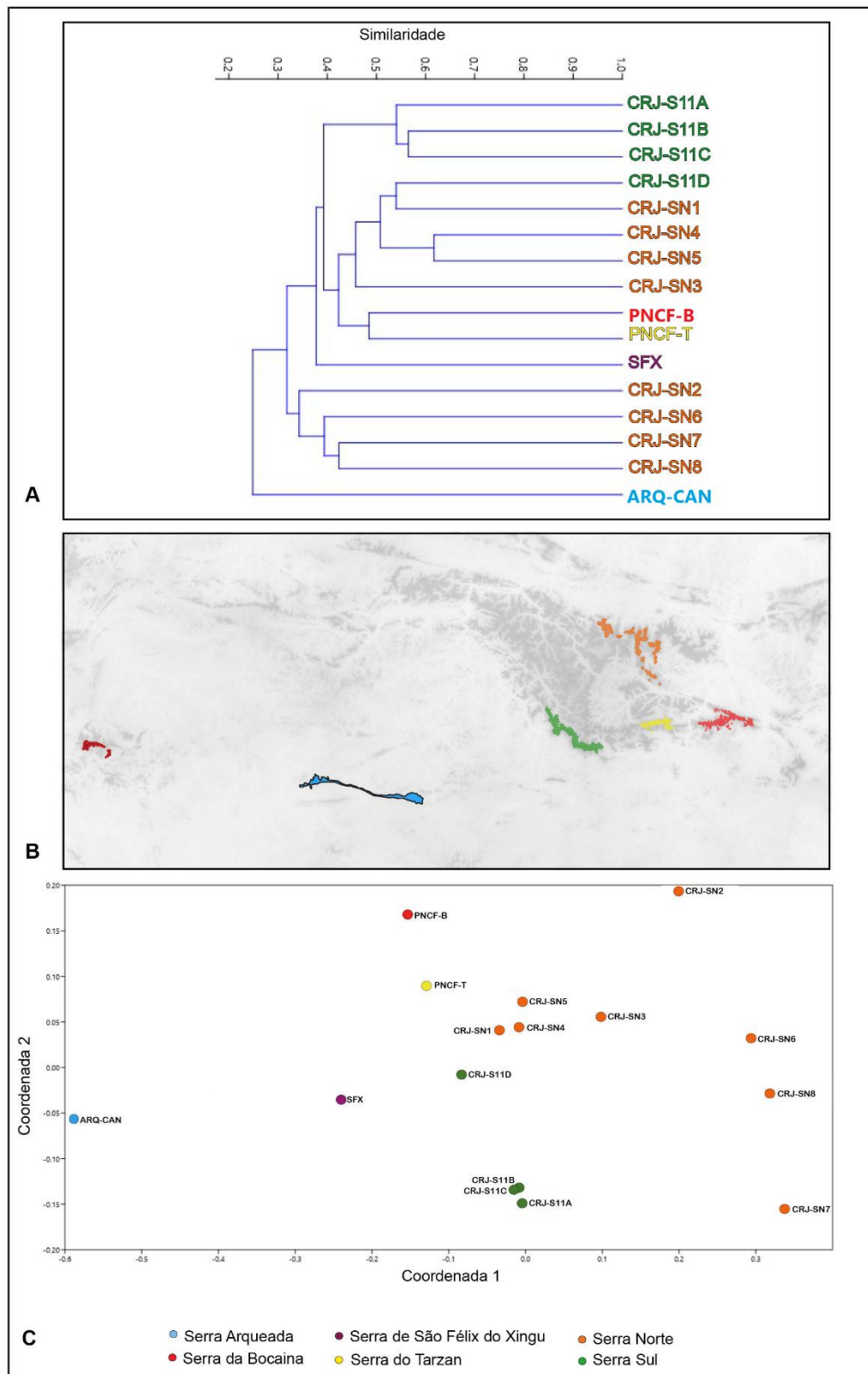


Figura 5. Análises multivariadas de similaridade florística entre as áreas. A. Análise com o método de associação média (UPGMA), valor de coeficiente de correlação cofenética: 0,8921. B. Mapa com a localização das serras. C. Análise de ordenação utilizando escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) valor de estresse: 0,1555.

Tabela 2. Fanerógamas encontradas no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos incluindo novos registros para a área e as espécies listadas anteriormente por Mota et al. 2018. Espécies exóticas invasoras de acordo com Giulietti et al. 2018 foram excluídas.

Táxon	Novo registro para o PNCF	Voucher
Acanthaceae		
<i>Justicia birae</i> A.S. Reis, F.A. Silva, A. Gil & Kameyama		Giorni, V.T., 114
<i>Justicia carajensis</i> F.A. Silva, A. Gil & Kameyama		Harley, R.M., 57319 Silva, L.V.C., 1208
<i>Justicia divergens</i> (Nees) A.S. Reis, A. Gil & Kameyama		Costa, L.V.C., 953,
<i>Justicia mcdadeana</i> A.S. Reis, A. Gil & Kameyama		Silva, L.V.C., 1228
<i>Justicia</i> sp. 4	X	
<i>Mendoncia aspera</i> Ruiz & Pav.		Mota, N.F.O., 3011, 2591 Zappi, D.C., 4882
<i>Ruellia anamariae</i> A.S. Reis, A. Gil & C. Kameyama		Silva, L.V.C., 1227
<i>Ruellia brevifolia</i> (Pohl) C. Ezcurra		Costa, L.V.C., 1044
<i>Ruellia wurdackii</i> Wasshausen		
Alismataceae		
<i>Helanthium tenellum</i> (Mart.) Britton	X	Zappi, D.C., 4602
Amaranthaceae		
<i>Chamissoa altissima</i> (Jacq.) Kunth	X	Zappi, D.C. 4904
<i>Pfaffia glomerata</i> (Spreng.) Pedersen	X	Zappi, D.C. 4943
Anacardiaceae		
<i>Anacardium occidentale</i> L		Harley, R.M., 57328
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	X	Zappi, D.C., 5006, 5059

<p>Apocynaceae</p> <p><i>Gonolobus parviflorus</i>Decne</p> <p><i>Lacmellea arborescens</i> (Müll.Arg. ex Mart.),</p> <p><i>Mandevilla scabra</i> (Hoffmanns. ex Roem. &Schult.) K.Schum.</p> <p><i>Mandevilla tenuifolia</i> (J.C.Mikan) Woodson</p> <p><i>Odontadenia nitida</i> (Vahl) Müll.Arg.</p> <p><i>Prestonia ornata</i> (Hoehne) J.F.Morales, M.E. Endress&Liede</p> <p><i>Tabernaemontana flavicans</i>Willd. ex Roem. &Schult.</p> <p><i>Tabernaemontana heterophylla</i>Vahl</p>	<p></p> <p>X</p> <p>X</p> <p>X</p> <p></p> <p>X</p> <p></p>	<p>Harley, R.M., 57399 Mota, N.F.O., 2004</p> <p>Zappi, D.C. 4586</p> <p>Zappi, D.C., 5047</p> <p>Zappi, D.C., 4966, Gadelha-Silva, L. 4 Silva, L.V.C., 1231</p> <p>Zappi, D.C., 4942 Silva, L.V.C., 664</p>
<p>Araceae</p> <p><i>Anthurium bonplandii</i> Bunting</p> <p><i>Anthurium</i> sp.</p> <p><i>Philodendron carajasense</i> E.G. Gonç. & A.J. Arruda</p> <p><i>Philodendron wulfschlaegelii</i> Schott</p>	<p>X</p> <p>X</p> <p></p> <p></p>	<p>Zappi, D.C., 4624</p> <p>Zappi, D.C. 4911</p> <p>Arruda, A.J., 1306</p> <p>Harley, R.M., 57294</p>
<p>Arecaceae</p> <p><i>Attalea maripa</i> (Aubl.) Mart.</p> <p><i>Mauritia flexuosa</i>L.f.</p> <p><i>Mauritiella armata</i> (Mart.) Burret,</p>	<p>X</p> <p></p> <p></p>	<p>Zappi, D.C. s.n.</p> <p>Zappi, D.C., s.n.</p> <p>Barbosa-Silva, R.G., 1182</p>
<p>Aristolochiaceae</p> <p><i>Aristolochia arcuata</i>Mast.</p> <p><i>Aristolochia disticha</i>Mast.</p>	<p></p> <p></p>	<p>Mota, N.F.O., 1975</p> <p>Viana, P.L., 5667</p>

<i>Aristolochia rugosa</i> Lam.	X	Zappi, D.C. 4596
Asteraceae <i>Ageratum conyzoides</i> L. <i>Bidens pilosa</i> L.		Mota, N.F.O., 2594 Viana, P.L., 4064

<i>Cavalcantia glomerata</i> (G.M.Barroso&R.M.King) R.M.King&H.Rob.		Falcão, B.F., 432
<i>Chromolaena maximiliani</i> (Schrad. ex DC.) R.M.King&H.Rob.		Mota, N.F.O., 3018
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.		Mota, N.F.O. 1989
<i>Erechtites hieracifolius</i> (L.) Raf. ex DC.		Costa, L.V., 943
<i>Ichthyothere</i> sp.		Viana, P.L., 4067
<i>Ichthyothere terminalis</i> (Spreng.) S.F.Blake		Zappi, D.C., 4569
<i>Lepidaploa arenaria</i> (Mart. ex DC.) H.Rob.		Cruz, A.P.O., 20
<i>Lepidaploa paraensis</i> (H.Rob.) H. Rob.		Costa, L.V., 806
<i>Lepidaploa remotiflora</i> (Rich.) H.Rob.		Zappi, D.C., 4701
<i>Mikania micrantha</i> Kunth	X	Barbosa-Silva, R.G., 1184 Cruz, A.P.O., 19
<i>Monogereion carajensis</i> G.M. Barroso &R.M.King,		Mota, N.F.O., 2595
<i>Orthopappus angustifolius</i> (Sw.) Gleason		Mota, N.F.O., 1854
<i>Pluchea sagittalis</i> (Lam.) Cabrera		Mota, N.F.O., 1854
<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass.		Arruda, A.J., 676
<i>Praxelis asperulacea</i> (Baker) R.M.King&H.Rob.		Zappi, D.C., 4729
<i>Riencourtia pedunculosa</i> (Rich.) Pruski		Cruz, A.P.O., 18
<i>Tilesia baccata</i> (L.) Pruski		Paula, L.F.A de, 546
<i>Unxia camphorata</i> L.		Silva, L.V.C., 1363

<p>Balanophoraceae</p> <p><i>Helosis cayanensis</i> Sw.) Spreng</p> <p><i>Langsdorffia hypogaea</i> Mart.</p>		<p>Viana, P.L., 4050</p> <p>Viana, P.L., 4046</p>
<p>Begoniaceae</p> <p><i>Begonia humilis</i> Dryand</p> <p><i>Begonia wollnyi</i> Herzog</p>		<p>Mota, N.F.O., 2021</p> <p>Giulietti, A.M., 2572</p>
<p>Bignoniaceae</p> <p><i>Amphilophium rodriguesii</i> (A.H.Gentry) L.G.Lohmann</p> <p><i>Anemopaegma carajasense</i> A.H. Gentry ex Firetti-Leggieri & L.G. Lohmann</p> <p><i>Bignonia corymbosa</i> (Vent.) L.G.Lohmann</p> <p><i>Fridericia nigrescens</i> (Sandwith) L.G. Lohmann</p> <p><i>Jacaranda ulei</i> Bureau & K.Schum.</p> <p><i>Pleonotoma melioides</i> (S. Moore) A.H.Gentry</p>	<p>X</p> <p>X</p> <p>X</p> <p>X</p> <p>X</p>	<p>Zappi, D.C., 4931</p> <p>Gadelha-Silva, L., 58</p> <p>Silva, L.V.C., 1037</p> <p>Gadelha-Silva, L., 42</p> <p>Zappi, D.C., 4582</p> <p>Barbosa-Silva, R.G., 1174</p>
<p>Boraginaceae</p> <p><i>Cordia exaltata</i> Lam.</p> <p><i>Cordia nodosa</i> Lam.</p> <p><i>Cordia sellowiana</i> Cham.</p> <p><i>Euploca lagoensis</i> (Warm.) Diane & Hilger</p> <p><i>Varronia multispicata</i> (Cham.) Borhidi</p> <p><i>Varronia polycephala</i> Lam.</p>	<p>X</p>	<p>Zappi, D.C., 4593</p> <p>Zappi, D.C., 4595</p> <p>Mota, N.F.O., 1896</p> <p>Gadelha-Silva, L., 7</p> <p>Mota, N.F.O., 3013</p> <p>Gadelha-Silva, L., 56</p>

Bromeliaceae		
<i>Aechmea castelnavii</i> Baker	X	Zappi, D.C., 4880
<i>Aechmea tocantina</i> Baker	X	Zappi, D.C., 4879
<i>Ananas ananassoides</i> (Baker) L.B.Sm.	X	Gadelha-Silva, L., 59
<i>Bromelia eitenorum</i> L.B.Sm.		Tyski, L., 033
<i>Dyckia duckei</i> L.B.Sm.		Mota, N.F.O., 2016
<i>Pitcairnia burchellii</i> Mez		Mota, N.F.O., 1170
Burmanniaceae		
<i>Burmanniacapitata</i> (Walter ex J.F.Gmel.) Mart.	X	Zappi, D.C., 4724
<i>Burmannia flava</i> Mart.	X	Zappi, D.C., 4720
Cabombaceae		
<i>Cabomba caroliniana</i> A.Gray	X	Zappi, D.C., 4762
<i>Cabomba furcata</i> Schult. & Schult.f.		Pivari, M.O.D., 1573
Cactaceae		
<i>Cereus hexagonus</i> (L.) Mill.		Zappi, D.C., 3570
Calophyllaceae		
<i>Caraipa densifolia</i> Mart.	X	Zappi, D.C., 5003
Campanulaceae		
<i>Centropogon cornutus</i> (L.) Druce	X	Gadelha-Silva, L., 40
<i>Siphocampylus macropodus</i> (Thunb.) G.Don		Mota, N.F.O., 2597

<p>Capparaceae</p> <p><i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl</p> <p><i>Cynophalla hastata</i> (Jacq.) J.Presl</p> <p><i>Mesocapparis lineata</i> (Dombeyex Pers.) Cornejo &H.H.Iltis</p>	X	<p>Zappi, D.C., 5092</p> <p>Harley, R.M., 57402</p> <p>Silva, L.V.C., 659</p>
<p>Celastraceae</p> <p><i>Anthodon decussatus</i> Ruiz & Pav.</p>		<p>Giorni, V.T., 110</p>
<p>Chrysobalanaceae</p> <p><i>Hirtella pilosissima</i> Mart. &Zucc.</p>		<p>Giorni, V.T., 159</p>
<p>Cleomaceae</p> <p><i>Melidiscus giganteus</i> (L.) Raf.</p>		<p>Mota, N.F.O., 1946</p>
<p>Clusiaceae</p> <p><i>Clusia panapanari</i> (Aubl.) Choisy</p>		<p>Harley, R.M., 57879</p>
<p>Combretaceae</p> <p><i>Combretum rotundifolium</i></p>		<p>Mota, N.F.O., 2009</p>
<p>Commelinaceae</p> <p><i>Dichorisandra hexandra</i> (Aubl.) C.B.Clarke</p>		<p>Mota, N.F.O., 2603</p>
<p>Connaraceae</p> <p><i>Rourea doniana</i> Baker</p>		<p>Zappi, D.C., 4589</p>

<p>Convolvulaceae</p> <p><i>Aniseia cernua</i> Moric.</p> <p><i>Cuscuta insquamata</i> Yunck.</p> <p><i>Distimake macrocalyx</i> (Ruiz & Pav.) O'Donell</p> <p><i>Evolvulus filipes</i> Mart.</p> <p><i>Ipomoea asplundii</i> O'Donell</p> <p><i>Ipomoea bahiensis</i> Willd. ex Roem. & S</p> <p><i>Ipomoea decora</i> Meisn.</p> <p><i>Ipomoea goyazensis</i> Gardner</p> <p><i>Ipomoea marabaensis</i> D.F. Austin & Secco</p> <p><i>Ipomoea maurandioides</i> Meisn.</p> <p><i>Ipomoea philomega</i> (Vell.) House</p> <p><i>Ipomoea ramosissima</i> (Poir.) Choisy</p> <p><i>Jacquemontia tamnifolia</i> (L.) Griseb.</p>	X	<p>Mota, N.F.O., 1904</p> <p>Mota et al. 2018</p> <p>Arruda, A.J., 658</p> <p>Silva, L.V.C., 941</p> <p>Mota, N.F.O., 1212</p> <p>Vasconcelos, L.V., 851</p> <p>Mota et al. 2018</p> <p>Viana, P.L., 4048</p> <p>Zappi, D.C., 4696</p> <p>Vasconcelos, L.V., 845</p> <p>Gadelha-Silva, L., 39</p> <p>Mota, N.F.O., 1971</p> <p>Viana, P.L., 5655</p>
<p>Costaceae</p> <p><i>Chamaecostus acaulis</i> (S. Moore) T. André</p> <p><i>Chamaecostus lanceolatus</i> subsp. <i>pulchiflorus</i> (Ducke) C.D.Specht&D.W.Stev.</p> <p><i>Costus scaber</i> Ruiz &Pav.</p>	X	<p>Arruda, A.J., 1308</p> <p>Harley, R.M., 57401</p> <p>Gadelha-Silva, L., 45</p>

<p>Cucurbitaceae</p> <p><i>Cayaponia tayuya</i> (Vell.) Cogn.</p> <p><i>Gurania eriantha</i>(Poepp. &Endl.) Cogn.</p> <p><i>Gurania sinuata</i> (Benth.) Cogn.</p> <p><i>Gurania subumbellata</i> (Miq.) Cogn.</p> <p><i>Helmontia cardiophylla</i>Harms.</p>	X	<p>Mota, N.F.O., 2606</p> <p>Gadelha-Silva, L., 47 Costa, L.V., 643</p> <p>Harley, R.M., 57396 Viana, P.L., 4058</p>
<p>Cyclanthaceae</p> <p><i>Asplundia gardneri</i> (Hook.) Harling</p>	X	<p>Gadelha-Silva, L., 49</p>

Cyperaceae		
<i>Bulbostylis cangae</i> C.S.Nunes&A.Gil		Costa, L.V., 639
<i>Bulbostylis conifera</i> (Kunth) C.B.Clarke		Viana, P.L., 5640
<i>Bulbostylis fimbriata</i> (Nees) C.B.Clarke		Falcão, B.F., 257
<i>Bulbostylis lagoensis</i> (Boeckeler) Prata &M.G.López		Nunes, C.S., 79
<i>Cyperus aggregatus</i> (Willd.) Endl	X	Zappi, D.C., 4922
<i>Cyperus haspan</i> L.		Nunes, C.S., 74
<i>Cyperus hortensis</i> (Salzm. exSteud.) Dorr		Nunes, C.S., 73
<i>Cyperus laxus</i> Lam.		Gadelha-Silva, L., 77
<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Rottb. exRetz.		Nunes, C.S., 75
<i>Cyperus simplex</i> Kunth		Arruda, A.J., 1323
<i>Cyperus sp.2</i>		Viana, P.L., 3454
<i>Cyperus surinamensis</i> Rottb.	X	Zappi, D.C., 4742
<i>Eleocharis acutangula</i> (Roxb.) Schult.		Mota, N.F.O., 2619
<i>Eleocharis ayacuchensis</i> S. González &Reznicek		Giorni, V.T., 149
<i>Eleocharis endounifascis</i> Hinchliff&Roalson		Mota, N.F.O., 2557
<i>Eleocharis flavescens</i> (Poir.) Urb.		Viana, P.L., 5682

<i>Eleocharis pedroviana</i> C.S. Nunes et. al		Zappi, D.C., 4766
<i>Fimbristylis dichotoma</i> (L.) Vahl		Nunes, C.S., 77
<i>Fimbristylis littoralis</i> Gaudich.	X	Gadelha-Silva, L., 54
<i>Fimbristylis quinquangularis</i> (Vahl) Kunth		Mota et al. 2018
<i>Rhynchospora acanthoma</i> A.C.Araújo&Longhi-Wagner		Zappi, D.C., 4749
<i>Rhynchospora barbata</i> (Vahl) Kunth		Arruda, A.J., 689
<i>Rhynchospora divaricata</i> (Ham.) M.T. Strong		Silva, L.V.C., 1050
<i>Rhynchospora eximia</i> (Nees) Boeckeler		Falcão, B.F., 256
<i>Rhynchospora filiformis</i> Vahl		Zappi, D.C., 4706
<i>Rhynchospora holoschoenoides</i> (Rich.) Herter		Giorni, V.T., 135
<i>Rhynchospora pubera</i> (Vahl) Boeckeler		Costa, L.V.C., 950
<i>Rhynchospora rugosa</i> (Vahl) Gale		Cruz, A.P.O., 22
<i>Rhynchospora secco</i> C.S. Nunes, P.J.S. Silva Filho & A. Gil		Arruda, A.J., 683
<i>Rhynchospora tenuis</i> Willd. ex Link		Falcão, B.F., 273
<i>Rhynchospora trichochaeta</i> C.S.Nunes&A.Gil		Falcão, B.F., 272
<i>Rhynchospora unguinux</i> C.S.Nunes&A.Gil		Viana, P.L., 5650
<i>Scleria latifolia</i> Sw.		Nunes, C.S., 78
<i>Scleria microcarpa</i> Nees ex Kunth.		Viana, P.L., 5684
<i>Scleria secans</i> Urb.		Mota, N.F.O., 2616
<i>Scleria verticillata</i> Muhl. ex Willd.		Giorni, V.T., 147
Dilleniaceae		
<i>Davilla rugosa</i> Poir.,	X	Zappi, D.C., 4594
<i>Doliocarpus brevipedicellatus</i> Garke	X	Gadelha-Silva, L., 24

<p>Dioscoreaceae</p> <p><i>Dioscorea glandulosa</i> (Klotzsch ex Griseb.) Kunth,</p> <p><i>Dioscorea laxiflora</i> Mart. ex Griseb.</p> <p><i>Dioscorea piperifolia</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.</p>	<p>X</p> <p>X</p> <p>X</p>	<p>Gadelha-Silva, L., 69</p> <p>Gadelha-Silva, L., 70</p> <p>Gadelha-Silva, L., 67</p>
<p>Droseraceae</p> <p><i>Drosera sessilifolia</i> A. St.-Hil.</p>	<p>X</p>	<p>Zappi, D.C., 4770</p>
<p>Eriocaulaceae</p> <p><i>Eriocaulon carajense</i> Moldenke</p> <p><i>Eriocaulon cinereum</i> R.Br.</p> <p><i>Eriocaulon setaceum</i> L.</p> <p><i>Eriocaulon tenuifolium</i> Klotzsch ex Körn</p> <p><i>Paepalanthus fasciculoides</i> Hensold</p> <p><i>Syngonanthus caulescens</i></p> <p><i>Syngonanthus discretifolius</i> (Moldenke) M.T.C. Watanabe</p> <p><i>Syngonanthus heteropeplus</i> (Körn.) Ruhland</p>	<p>X</p> <p>X</p>	<p>Harley, R.M., 57269</p> <p>Costa, L.V.C., 811</p> <p>Mota et al. 2018</p> <p>Gadelha-Silva, L., 8</p> <p>Viana, P.L., 5641</p> <p>Zappi, D.C., 4710</p> <p>Viana, P.L., 5685</p> <p>Zappi, D.C., 4565</p>
<p>Erythropalaceae</p> <p><i>Heisteria ovata</i> Benth</p>	<p>X</p>	<p>Zappi, D.C., 4964</p>
<p>Erythroxylaceae</p> <p><i>Erythroxylum carajasense</i> (Plowman) Costa-Lima</p> <p><i>Erythroxylum leptoneurum</i> O.E. Schulz</p> <p><i>Erythroxylum nelson-rosae</i> Plowman</p>	<p>X</p>	<p>Zappi, D.C., 4925</p> <p>Fernandes, G.E.A., 93</p> <p>Harley, R.M., 57339</p>

Euphorbiaceae		
<i>Alchornea discolor</i> Poepp.	X	Gadelha-Silva, L., 23
<i>Aparisthium cordatum</i> (A.Juss.) Baill.	X	Gadelha-Silva, L., 21
<i>Astraea lobata</i> (L.) Klotzsch	X	Zappi, D.C., 4965 4885
<i>Croton gracilipes</i> Baill.		Arruda, A.J., 1392
<i>Croton hirtus</i> L'Hér		
<i>Croton sp. nov.</i>		Mota, N.F.O., 2008
<i>Croton subferrugineus</i> Müll.Arg.		Zappi, D.C., 4568
<i>Dalechampia pernambucensis</i> Baill.	X	Giorni, V.T., 158
<i>Dalechampia sylvestris</i> S.Moore		Zappi, D.C., 4616
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.		Pivari, M.O.D., 1579
<i>Mabea angustifolia</i> Spruce ex Benth.		Mota, N.F.O., 1977
<i>Manihot marajoara</i> Huber		Zappi, D.C., 4691
<i>Manihot quinquepartita</i> Huber exD.J.Rogers&Appan		Mota, N.F.O., 3004
<i>Manihottristis subsp. surinamensis</i> (Ule) D.J.Rogers&Appan	X	Mota, N.F.O., 1217
<i>Maprounea brasiliensis</i> A.St.-Hil.	X	Viana, P.L., 4053
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.		Gadelha-Silva, L., 25 Zappi, D.C., 4617

Fabaceae		
<i>Abrus melanospermus</i> subsp. <i>tenuiflorus</i> (Spruce ex Benth.) D. Harder		Mota, N.F.O., 1926
<i>Aeschynomene filosa</i> Mart.		Harley, R.M., 57289
<i>Aeschynomene sensitiva</i> Sw.		Arruda, A.J., 678
<i>Aeschynomene</i> sp. nov.	X	Zappi, D.C., 4881
<i>Ancistrotropis peduncularis</i> (Kunth) A. Delgado	X	Zappi, D.C., 4725
<i>Bauhinia dubia</i> G. Don.		Mota, N.F.O., 2007
<i>Bauhinia pulchella</i> Benth.		
<i>Calopogonium mucunoides</i> Desv.	X	Zappi, D.C., 4576
<i>Cassia fastuosa</i> Willd. ex Benth.	X	Zappi, D.C., 4739
<i>Centrosema carajasense</i> Cavalcante		Zappi, D.C., 4622
<i>Cerradicola elliptica</i> (Desv) L.P. Queiroz		Falcão, B.F., 433
<i>Chamaecrista desvauxii</i> (Collad.) Killip		Silva, L.V.C., 1266
<i>Chamaecrista desvauxii</i> var. <i>langsдорffii</i> (Kunth ex Vogel) H.S. Irwin & Barneby		Mota, N.F.O., 3010
<i>Chamaecrista desvauxii</i> var. <i>mollissima</i> (Benth.) H.S. Irwin & Barneby		Zappi, D.C., 4744
<i>Chamaecrista flexuosa</i> var. <i>flexuosa</i> (L.) Greene	X	Zappi, D.C., 4970
<i>Clitoria falcata</i> Lam.		
<i>Copaifera martii</i> Hayne		Zappi, D.C., 4730
<i>Crotalaria maypurensis</i> Kunth	X	Arruda, A.J., 686
<i>Crotalaria spectabilis</i> Röth	X	Vasconcelos, L.V., 839
<i>Dalbergia spruceana</i> Benth.		Zappi, D.C., 4740
<i>Deguelia amazonica</i> Killip		Zappi, D.C., 4741
<i>Desmodium incanum</i> DC.		De Lima, H.C., 7585
<i>Dioclea apurensis</i> Kunth	X	Zappi, D.C., 4912

<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f.	X	Silva, L.V.C., 1068 Barbosa-Silva, R.G., 1183 Zappi, D.C., 5002
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth. <i>Galactia jussiaeana</i> Kunth <i>Indigofera suffruticosa</i> Mill. <i>Inga capitata</i> Desv. <i>Inga heterophylla</i> Willd. <i>Inga thibaudiana</i> subsp. <i>thibaudiana</i> DC. <i>Machaerium latifolium</i> Rusby.	X X	Gadelha-Silva, L., 35 Giorni, V.T., 151 Arruda, A.J., 1423 Zappi, D.C., 4944 De Lima, H.C., 7583 De Lima, H.C., 7573

<i>Macropsychanthus bicolor</i> (Benth.) L.P.Queiroz&Snak		Mota, N.F.O., 1990
<i>Macropsychanthus megacarpus</i> (Rolfe) L.P.Queiroz&Snak		De Lima, H.C., 7563
<i>Macropsychanthus sclerocarpus</i> (Ducke) L.P.Queiroz		Mota et al. 2018
<i>Mimosa acutistipula</i> var. <i>ferrea</i> (Mart.) Benth.		De Lima, H.C., 7580
<i>Mimosa skinneri</i> var. <i>carajarum</i> Barneby		
<i>Mimosasomnians</i> var. <i>viscida</i> (Willd.) Barneby	X	Giorni, V.T., 153
<i>Mimosa xanthocentra</i> var. <i>mansii</i> (Mart.) Barneby	X	Viana, P.L., 4056
<i>Mimosa xanthocentra</i> var. <i>mansii</i> (Mart.) Barneby	X	Giorni, V.T., 157 Zappi, D.C., 4743
<i>Mimosa xanthocentra</i> Mart.		Zappi, D.C., 4743
<i>Mucuna urens</i> (L.) Medik.		Zappi, D.C. 4924
<i>Parkia platycephala</i> Benth.		Mota, N.F.O., 1865
<i>Periandra coccinea</i> (Schrad.) Benth.	X	Harley, R.M., 57280 Silva, L.V.C., 951
<i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub.		
<i>Rhynchosia phaseoloides</i> (Sw.) DC.		
<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H.S.Irwin&Barneby		Zappi, D.C., 4906
<i>Senna pendula</i> (Humb.&Bonpl.exWilld.) H.S.Irwin&Barneby	X	Zappi, D.C., 5065 Mota et al. 2018
<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S.Irwin&Barneby	X	Mota et al. 2018
<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr. <i>Stylosanthes hispida</i> Rich.		Zappi, D.C., 5055
<i>Swartzia arumateuana</i> (R. S. Cowan) Torke&Mansano		Mota et al. 2018 Giorni, V.T., 139
<i>Tachigali vulgaris</i> L.F.G. Silva & H.C. Lima		Zappi, D.C., 5027

		Barbosa-Silva, R.G., 1178
Gentianaceae <i>Chelonanthus purpurascens</i> (Aubl.) Struwe et al. <i>Schultesia benthamiana</i> KlotzschexGriseb. <i>Voyria alvesiana</i> E.F.Guim., T.S.Mendes&N.G.Silva <i>Voyria tenella</i> Hook.		Mota et al. 2018 Silva, L.V.C., 805 Viana, P.L., 5651 Arruda, A.J., 1324
Gesneriaceae <i>Diastema</i> sp. <i>Drymonia serrulata</i> (Jacq.) Mart. <i>Goyazia villosa</i> (Gardner) R.A. Howard <i>Nautilocalyx kohlerioides</i> (Leeuwenberg) Wiehler <i>Sinningia mínima</i> A.O.Araujo&Chautems	X X	Zappi, D.C., 5093 Gadelha-Silva, L., 37 Silva, L.V.C., 1211 Viana, P.L., 4065 Falcão, B.F., 370
Gnetaceae <i>Gnetum nodiflorum</i> Brongn.		Harley, R.M., 57883
Heliconiaceae <i>Heliconia subulata</i> Ruiz &Pav.		Mota, N.F.O., 1866
Heliotropiaceae <i>Euploca humistrata</i> (Cham.) J.I.M.Melo&Semir <i>Euploca lagoensis</i> (Warm.) Diane &Hilger		Mota, N.F.O., 3425 Mota, N.F.O., 1903
Humiriaceae <i>Sacoglottis mattogrossensis</i> Malme		Arruda, A.J., 650
Hydroleaceae <i>Hydroleaspinosa</i> L.	X	Barbosa-Silva, R.G., 1180

Hypericaceae		
<i>Vismia cayennensis</i> (Jacq.) Pers.	X	Gadelha-Silva, L., 17
<i>Vismia gracilis</i> Hieron.	X	Zappi, D.C., 4590
Icacinaceae		
<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers		Zappi, D.C., 5014
Iridaceae		
<i>Cipura xanthomelas</i> Klatt		Viana, P.L., 5654
Lacistemataceae		
<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J.Bergius) Rusby	X	Zappi, D.C., 4610
Lamiaceae		
<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	X	Zappi, D.C., 4752
<i>Amasonia campestris</i> (Aubl.) Moldenke		Viana, P.L., 5652
<i>Amasonia lasiocaulos</i> Mart. & Schauer ex Shauer		Viana, P.L., 5670
<i>Cantinoa americana</i> (Aubl.) Harley & J.F.B. Pastore		Arruda, A.J., 680
<i>Cantinoa mutabilis</i> (Rich.) Harley & J.F.B. Pastore	X	Harley, R.M., 57320 Zappi, D.C., 5043
<i>Hyptis atrorubens</i> Poit.		Mota, N.F.O., 3016
<i>Hyptis brevipes</i> Poit.		Viana, P.L., 3453
<i>Hyptis parkeri</i> Benth.		Harley, R.M., 57292
<i>Hyptis recurvata</i> Poit.		Mota, N.F.O., 1983
<i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze		Harley, R.M., 57113
<i>Mesosphaerum suaveolens</i> (L.) Kuntze		Harley, R.M., 57345
<i>Vitex triflora</i> Vahl		
Lauraceae		
<i>Aioupa piauhyensis</i> (Meisn.) Mez		Harley, R.M., 57287
<i>Cassytha filiformis</i> L.	X	Zappi, D.C., 4957, 4726
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees		Mota, N.F.O., 3017

<p>Lentibulariaceae</p> <p><i>Utricularia amethystina</i> Salzm. ex A.St.-Hil. & Girard</p> <p><i>Utricularia costata</i> P.Taylor</p> <p><i>Utricularia gibba</i> L.</p> <p><i>Utricularia neottioides</i> A.St.-Hil. & Girard</p> <p><i>Utricularia nigrescens</i> Sylvén</p> <p><i>Utricularia physoceras</i> P. Taylor</p> <p><i>Utricularia pusilla</i> Vahl</p> <p><i>Utricularia subulata</i> L.</p>	X	<p>Zappi, D.C., 4751</p> <p>Mota, N.F.O., 2614</p> <p>Mota, N.F.O., 1934</p> <p>Mota et al. 2018</p> <p>Zappi, D.C., 3576</p> <p>Falcão, B.F., 542</p> <p>Zappi, D.C., 4768</p> <p>Giorni, V.T., 163</p>
<p>Linderniaceae</p> <p><i>Lindernia brachyphylla</i> Pennell ex Steyerem.</p> <p><i>Lindernia crustacea</i> (L.) F.Muell.</p>		<p>Pivari, M.O.D., 1567</p> <p>Pivari, M.O.D., 1582</p>
<p>Loganiaceae</p> <p><i>Spigelia multispica</i> Steud.</p> <p><i>Strychnos cogens</i> Benth.</p>		<p>Zappi, D.C., 3589</p> <p>Harley, R.M., 57882</p>
<p>Loranthaceae</p> <p><i>Passovia pyrifolia</i> (Kunth) Tiegh.</p> <p><i>Peristethium reticulatum</i> (Rizzini) Caires</p> <p><i>Psittacanthus eucalyptifolius</i> (Kunth) G. Don</p>	X	<p>Zappi, D.C., 4891</p> <p>Costa, L.V., 1062</p> <p>Gadelha-Silva, L., 31</p>
<p>Lythraceae</p> <p><i>Cuphea annulate</i> Koehne</p> <p><i>Cuphea carajasensis</i> Lourteig</p>		<p>Giorni, V.T., 155</p> <p>Falcão, B.F., 259</p>

Malpighiaceae		
<i>Banisteriopsis malifolia</i> (Nees& Mart.) B.Gates		Mota, et al. 2018
<i>Banisteriopsis</i> var. <i>apressa</i> (Ness& Mart.) Gates		Viana, P.L., 4057
<i>Banisteriopsis stellaris</i> (Griseb.) B.Gates		Mota, N.F.O., 3012
<i>Byrsonima chrysophylla</i> Kunth	X	Zappi, D.C., 4963
<i>Diplopterys pubipetala</i> (A.Juss.) W.R.Anderson&C.C.Davis	X	Gadelha-Silva, L., 22
<i>Heteropterys nervosa</i> A.Juss.		Mota, N.F.O., 1979
<i>Heteropterys trigoniifolia</i> A.Juss.		Giorni, V.T., 112
<i>Peixotoa reticulata</i> Griseb.		Viana, P.L., 5673
<i>Stigmaphyllon paraense</i> C.E.Anderson		Silva Jr., V.S., 37
Malvaceae		
<i>Helicteres guazumifoli</i> Kunth		Mota, N.F.O., 2019
<i>Hibiscus furcellatus</i> Desr.		Barbosa-Silva, R.G., 1181
<i>Melochia arenosa</i> Benth.		Gadelha-Silva, L., 6
<i>Melochia melissifolia</i> Benth.	X	Zappi, D.C., 4757
<i>Melochia splendens</i> A.St.-Hil. &Naudin	X	Zappi, D.C., 4698
<i>Pachira paraensis</i> (Ducke) W.S.Alverson	X	Gadelha-Silva, L., 34
<i>Pavonia malacophylla</i> (Link & Otto) Garcke		Silva, L.V.C., 931
<i>Pseudobombax marginatum</i> A.St.-Hil., Juss. &Cambess.) A.Robyns		Vasconcelos, L.V., 849
<i>Sida glaziovii</i> K.Schum.		Mota, N.F.O., 1873
<i>Sida linifolia</i> Juss. ex Cav.	X	Zappi, D.C., 4771
<i>Sida tuberculata</i> R.E.Fr.		Arruda, A.J., 672
<i>Waltheria indica</i> L.		

		Pivari, M.O.D., 1585
Marantaceae		
<i>Goepertia mansonis</i> (Körn.) Borchs. & S. Suárez	X	Zappi, D.C., 5031
<i>Goepertia ovata</i> (Nees & Mart.) Borchs. & S. Suárez		Mota, N.F.O., 1976
<i>Ischnosiphon gracilis</i> (Rudge) Körn.	X	Viana, P.L., 4061
<i>Monotagmaplurispicatum</i>		Zappi, D.C., 4682
Marcgraviaceae		
<i>Norantea guianensis</i> Aubl.	X	Zappi, D.C., 4933
Mayacaceae		
<i>Mayaca fluviatilis</i> Aubl.		Mota, N.F.O., 3408
<i>Mayaca kunthii</i> Seub		Zappi, D.C., 4930

Melastomataceae		
<i>Aciotis acuminifolia</i> (Mart. ex DC.) Triana		Silva, L.V.C., 1212
<i>Bellucia egensis</i> (DC.) Penneys et al.		Mota, N.F.O., 1198
<i>Brasilianthus carajensis</i> Almeda&Michelangeli		
<i>Clidemia hirta</i> (L.) D.Don,	X	Viana, P.L., 5720
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	X	Gadelha-Silva, L., 64
<i>Miconia alternans</i> Naudin,		Gadelha-Silva, L., 19
<i>Miconia cuspidata</i> Naudin	X	Viana, P.L., 5683
<i>Miconia heliotropoides</i> Triana		Zappi, D.C., 4973
<i>Miconia holosericea</i> (L.) DC.		Arruda, A.J., 1321
<i>Miconia tomentosa</i> (Rich.) D.Don		Mota et al. 2018
<i>Mouriri cearensis</i> Huber	X	Mota, N.F.O., 1881
<i>Mouriri vernicosa</i> Naudin		
<i>Nepsera aquatica</i> (Aubl.) Naudin	X	Zappi, D.C., 4920
<i>Noterophila crassipes</i> (Naudin.) Kriebel&M.J.R.Rocha		Mota, N.F.O., 1195
<i>Pleroma stenocarpum</i> Triana		Gadelha-Silva, L., 66
<i>Pterolepis trichotoma</i> (Rottb.) Cogn.		Zappi, D.C., 4708
<i>Rhynchanthera hispida</i> Naudin	X	Viana, P.L., 4049
<i>Tibouchina edmundoi</i> Brade	X	Giorni, V.T., 4049
<i>Tibouchina sp.</i>		Vasconcelos, L.V., 855 Zappi, D.C., 4975 Zappi, D.C., 4892
Meliaceae		
<i>Trichilia micrantha</i> Benth.	X	Zappi, D.C., 4947

Menispermaceae		
<i>Abuta grandifolia</i> (Mart.) Sandwith	X	Zappi, D.C., 4967 4608
<i>Cissampelos fasciculata</i> Benth.		Arruda, A.J., 1419
Menyanthaceae		
<i>Nymphoides humboldtiana</i> (Kunth) Kuntze	X	Zappi, D.C., 4761
Myrtaceae		
<i>Campomanesia aromatica</i> (Aubl.) Griseb.		Silva, L.V.C., 649
<i>Eugenia cupulata</i> Amshoff		Mota, N.F.O., 1988
<i>Eugenia egensis</i> DC.		Costa, L.V., 651
<i>Eugenia flavescens</i> DC.		Mota, N.F.O., 1215
<i>Eugenia florida</i> DC.		Harley, R.M., 57341
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.		Gadelha-Silva, L., 27
<i>Eugenia</i> sp.	X	Zappi, D.C., 4905
<i>Myrcia bracteata</i> (Rich.) DC.		Mota, N.F.O., 1912
<i>Myrcia cuprea</i> (O.Berg) Kiaersk.		Harley, R.M., 57329
<i>Myrcia hylobates</i> (Standl. exAmshoff) E.Lucas&K.Samra		Arruda, A.J., 1320
<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	X	
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.		
<i>Myrcia subsessilis</i> O. Berg	X	Zappi, D.C., 5012
<i>Myrcia sylvatica</i> (G.Mey.) DC.	X	Zappi, D.C., 4615
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.		
<i>Myrciaria floribunda</i> (H.WestexWilld.) O.Berg	X	Zappi, D.C., 4578
		Zappi, D.C., 5005
		Silva, L.V.C., 648
		Zappi, D.C., 4940

<p>Nyctaginaceae</p> <p><i>Neea floribunda</i> Poepp. &Endl.</p> <p><i>Neea macrophylla</i> Poepp. &Endl.</p> <p><i>Neea oppositifolia</i> Ruiz &Pav.</p>	X	<p>Zappi, D.C., 5033</p> <p>Harley, R.M., 57336</p> <p>Harley, R.M., 57351</p>
<p>Ochnaceae</p> <p><i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.</p> <p><i>Ouratea hilaireana</i> Tiegh.</p> <p><i>Ouratea paraensis</i> Huber</p> <p><i>Ouratea racemiformis</i> Ule</p> <p><i>Sauvagesia tenella</i> Lam.</p>	X	<p>Zappi, D.C., 4962</p> <p>Mota, N.F.O., 1169</p> <p>Silva, L.V.C., 641</p> <p>Mota et al. 2018</p> <p>Giorni, V.T., 148</p>
<p>Olacaceae</p> <p><i>Ximenia americana</i> L.</p>	X	<p>Zappi, D.C., 5062</p>
<p>Onagraceae</p> <p><i>Ludwigia hyssopifolia</i> (G.Don) Exell</p> <p><i>Ludwigia nervosa</i> (Poir.) H.Hara</p> <p><i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H.Raven</p> <p><i>Ludwigia torulosa</i> (Arn.) H.Hara</p>		<p>Pivari, M.O.D., 1583</p> <p>Zappi, D.C., 3569</p> <p>Harley, R.M., 57876</p> <p>Mota, N.F.O., 2574</p>
<p>Orchidaceae</p> <p><i>Catasetum discolor</i> (Lindl.) Lindl.</p> <p><i>Cyrtopodium andersonii</i> (Lamb. ex Andrews) R.Br.</p> <p><i>Encyclia randii</i> (Barb.Rodr.) Porto & Brade</p> <p><i>Epidendrum nocturnum</i> Jacq.</p> <p><i>Epidendrum purpurascens</i> Focke</p> <p><i>Habenaria ludibundiciliata</i> J.A.N.Batista & Bianchetti</p>		<p>Mota, N.F.O., 2562</p> <p>Harley, R.M., 57337</p> <p>Harley, R.M., 57344</p> <p>Arruda, A.J., 1302</p> <p>Arruda, A.J., 1301</p>

<i>Habenaria nuda</i> Lindl.		Mota, N.F.O., 3006
<i>Notylia barkeri</i> Lindl.	X	Giorni, V.T., 152
<i>Sobralia liliastrum</i> Salzm. exLindl.	X	Viana, P.L., 5678
<i>Trichocentrum sprucei</i> (Lindl.) M.W.Chase&N.H.Williams		Zappi, D.C., 4918, 4733
<i>Triphora surinamensis</i> (Lindl.) Britton	X	Zappi, D.C., 5096
<i>Triphora uniflora</i> A.C.Ferreira, Baptista &Pansarin		Mota, N.F.O., 1924 Gadelha-Silva, L., 82
Orobanchaceae		
<i>Buchner acarajasensis</i> Scatigna & N.Mota		Giorni, V.T., 136
Oxalidaceae		
<i>Oxalis barrelieri</i> L.		Mota, N.F.O., 1193
Passifloraceae		
<i>Passiflora ceratocarpa</i> F.Silveira		Mota, N.F.O., 1188
<i>Passiflora glandulosa</i> Cav.		Harley, R.M., 57317
<i>Passiflora tholozanii</i> Sacco	X	Zappi, D.C., 4877
Phyllanthaceae		
<i>Margaritaria nobilis</i> L.f.	X	Gadelha-Silva, L., 62
<i>Phyllanthus hyssopifolioides</i> Kunth		Falcão, B.F., 267
<i>Phyllanthus minutulus</i> Müll.Arg.		Viana, P.L., 5688
<i>Phyllanthu sorbiculatus</i> Rich.		Zappi, D.C., 5044
<i>Phyllanthus stipulatus</i> (Raf.) G.L. Webster	X	Gadelha-Silva, L., 5
Phytolaccaceae		
<i>Phytolacca thyrsoiflora</i> Fenzl. ex J.A.Schmidt		Mota et al. 2018
Picramniaceae		

<i>Picramnia férrea</i> Pirani & W.W.Thomas		Zappi, D.C., 4928
Piperaceae		
<i>Peperomia albopilosa</i> D. Monteiro	X	Gadelha-Silva, L., 72
<i>Peperomia macrostachya</i> Vahl&Dietr.		Mota, N.F.O., 1951
<i>Peperomia pseudoserratirhachis</i> D.Monteiro		Viana, P.L., 4062
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	X	Zappi, D.C., 4937
<i>Piper demeraranum</i> (Miq.) C.DC.	X	Zappi, D.C., 4903
Plantaginaceae		
<i>Bacopa monnierioides</i> (Cham.) B.L.Rob.		Vasconcelos, L.V., 841
<i>Bacopa myriophylloides</i> (Benth.) Wettst.		Mota, N.F.O., 3407
<i>Bacopa reflexa</i> (Benth.) Edwall		Viana, P.L., 5687
<i>Scoparia dulcis</i> L.	X	Zappi, D.C., 4570
Poaceae		
<i>Andropogon leucostachyus</i> Kunth		Falcão, B.F., 57
<i>Anthaenantia lanata</i> (Kunth) Benth.		Gadelha-Silva, L., 11
<i>Axonopus aureus</i> P.Beauv.		Arruda, A.J., 681
<i>Axonopu scapillaris</i> (Lam.) Chase		Bastos, M.N.C., 466
<i>Axonopus leptostachyus</i> (Flüggé) Hitchc.		Mota, N.F.O., 1893
<i>Axonopus longispicus</i> (Döll) Kuhlm.		Falcão, B.F., 21
<i>Axonopus rupestris</i> Davidse		Pivari, M.O.D., 1568
<i>Coleataenia scabrida</i> (Döll) Zuloaga		Falcão, B.F., 27
<i>Coleataenia stenodes</i> (Griseb.) Soreng		Costa, L.V., 936
<i>Cyphonanthus discrepans</i> (Doll) Zuloaga&Morrone		Mota, N.F.O., 1900
<i>Digitaria insularis</i> (L.) Fedde		Mota, N.F.O., 1851
<i>Guadua</i> sp.		

<p><i>Hiladaea breviscrops</i> (Döll) C.Silva&R.P.Oliveira</p> <p><i>Hiladaea parvispiculata</i> C.Silva&R.P.Oliveira</p> <p><i>Hiladaea tenuis</i> (J. Presl&C.Presl) C.Silva&R.P.Olive</p> <p><i>Ichnanthus calvescens</i> (Nees&Trin.) Döll</p>	X	<p>Afonso, E.A.L., 194</p> <p>Mota, N.F.O., 1171</p> <p>Zappi, D.C., 4756</p> <p>Silva, L.V.C., 1241</p> <p>Silva, L.V.C., 1240</p>
<p><i>Ichnanthus leptophyllus</i> Döll</p> <p><i>Isachne polygonoides</i> (Lam.) Döll</p> <p><i>Lasiacis ligulata</i> Hitchc. & Chase</p> <p><i>Luziola peruviana</i> Juss. ex J.F. Gmel.</p> <p><i>Luziola spruceana</i> Benth. exDöll.</p> <p><i>Mesosetum annuum</i> Swallen</p> <p><i>Mesosetum cayennense</i> Steud.</p> <p><i>Mesosetum filifolium</i> F.T. Hubb.</p> <p><i>Panicum aquarum</i> Zuloaga&Morrone</p> <p><i>Panicum millegrana</i> Poir.</p> <p><i>Paratheria prostrata</i> Griseb.</p> <p><i>Paspalum axillare</i> Swallen</p> <p><i>Paspalum cangarum</i> C.O. Moura, P.L.Viana & R.C. Oliveira</p> <p><i>Paspalum cinerascens</i> (Döll) A.G.Burm. &C.N.Bastos</p>	X	<p>Mota et al. 2018</p> <p>Barbosa-Silva, R.G., 1177 Zappi, D.C., 3585</p> <p>Mota, N.F.O., 2544</p> <p>Carreira, L.M.M., 1060 Arruda, A.J., 696</p> <p>Costa, L.V., 932</p> <p>Viana, P.L., 3455</p> <p>Mota, N.F.O., 2554</p> <p>Viana, P.L., 3460</p> <p>Mota, N.F.O., 1185</p> <p>Costa, L.V., 807</p> <p>Falcão, B.F., 412</p> <p>Zappi, D.C., 4580</p>

<i>Paspalum conjugatum</i> P.J.Bergius		Silva, L.V.C., 1243
<i>Paspalum expansum</i> Döll		Falcão, B.F., 404
<i>Paspalum foliiforme</i> S.Denham		Zappi, D.C., 4694
<i>Paspalum intermedium</i> Munro ex Morong		Mota, N.F.O. 2011
<i>Paspalum lanciflorum</i> NeesexSteud.		Arruda, A.J., 703
<i>Paspalum multicaule</i> Poir.		Falcão, B.F., 440
<i>Paspalum pallens</i> Swallen	X	Costa, L.V., 938
<i>Paspalum paniculatum</i> L.	X	Zappi, D.C., 5078
<i>Paspalum parviflorum</i> Rhode exFlüggé		Zappi, D.C., 4716
<i>Paspalum sp.</i>		Fernandes, G.E.A., 154
<i>Paspalum trichophyllum</i> Henrard	X	Arruda, A.J., 690
<i>Rhipidocladum parviflorum</i> (Trin.) McClure		Zappi, D.C., 4902
<i>Rhytachn egonzalezii</i> Davidse		Mota, N.F.O., 3411
<i>Rugoloa pilosa</i> (Sw.) Zuloaga		Mota, N.F.O., 2586
<i>Sacciolepis myuros</i> (Lam.) Chase		X
<i>Sporobolus multiramosus</i> Longhi-Wagner &Boechat	X	Silva, L.V.C., 1233
<i>Steinchisma laxum</i> (Sw.) Zuloaga	X	Falcão, B.F., 372
<i>Streptostachys asperifolia</i> Desv.		Falcão, B.F., 268
<i>Taquara micrantha</i> (Kunth) I.L.C.Oliveira&R.P.Oliveira		Gadilha-Silva, L., 78
<i>Trachypogon spicatus</i> (L.) Kuntze		Zappi, D.C., 4683
<i>Trichantheium arctum</i> (Swallen) Zuloaga&Morrone		Arruda, A.J., 626
<i>Trichantheium cyanescens</i> (Nees ex Trin.) Zuloaga&Morrone		Falcão, B.F., 266
<i>Trichantheium parvifolium</i> (Lam.) Zuloaga&Morrone		Costa, L.V., 814

		Viana, P.L., 4042
<p>Polygalaceae</p> <p><i>Bredemeyera divaricata</i> (DC.) J.F.B.Pastore</p> <p><i>Bredemeyera floribunda</i> Willd.</p> <p><i>Caamembeca spectabilis</i> var. <i>spectabilis</i> (DC.) J.F.B.Pastore</p> <p><i>Polygala adenophora</i> DC.</p> <p><i>Securidaca rivinifolia</i> A.St.-Hil. &Moq.</p> <p><i>Securidaca rivinifolia</i> var. <i>rivinifolia</i> A.St.-Hil. &Moq.</p>	<p>X</p> <p>X</p>	<p>Zappi, D.C., 4910</p> <p>Vasconcelos, L.V., 838</p> <p>Zappi, D.C., 4689</p> <p>Viana, P.L., 3463</p> <p>Zappi, D.C., 4917</p> <p>Mota, N.F.O., 1196</p>
<p>Polygonaceae</p> <p><i>Polygonum hydropiperoides</i> Michx.</p>		<p>Mota, N.F.O., 1936</p>
<p>Portulacaceae</p> <p><i>Portulaca brevifolia</i> Urb.</p> <p><i>Portulaca sedifolia</i> N.E.Br.</p>		<p>Mota, N.F.O., 1942</p> <p>Falcão, B.F., 536</p>
<p>Primulaceae</p>		

<i>Cybianthus detergens</i> Mart.	X	Zappi, D.C., 5009
Proteaceae		
<i>Roupala montana</i> Aubl.	X	Zappi, D.C., 4938
Rubiaceae		
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A.Rich.		Mota, N.F.O., 1222
<i>Borreria alata</i> (Aubl.) DC.		Gadelha-Silva, L., 53
<i>Borreria carajasensis</i> E.L.Cabral & L.M.Miguel		Falcão, B.F. 426
<i>Borreria elaiosulcata</i> E.L. Cabral & L.M. Miguel		Costa, L.V., 821
<i>Borreria heteranthera</i> E.L. Cabral & Sobrado		Costa, L.V., 819
<i>Borreria hispida</i> Sprucee x K.Schum.		Viana, P.L., 5646
<i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) K.Schum.		Mota, N.F.O., 1996
<i>Borreria paraensis</i> E.L.Cabral & Bacigalupo		Arruda, A.J., 1312
<i>Borreria emiamplexicaule</i> E.L.Cabral		Arruda, A.J., 643
<i>Borreria sp.</i>		Mota et al. 2018
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G.Mey.		Zappi, D.C., 4563
<i>Chomelia ribesoides</i> Benth. ex A.Gray		Zappi, D.C., 4563
<i>Cordia myrciifolia</i> (K.Schum.) C.H.Perss. & Delprete	X	Mota, N.F.O., 1172
<i>Dialypetalanthus fuscescens</i> Kuhlmann	X	Zappi, D.C., 5054
<i>Faramea capillipes</i> Müll.Arg.		Gadelha-Silva, L., 38
<i>Faramea multiflora</i> A.Rich. ex DC.	X	Giorni, V.T., 161
<i>Hamelia patens</i> Jacq.		Arruda, A.J., 1415
<i>Limnosipanea spruceana</i> Hook. f.		Gadelha-Silva, L., 44
<i>Mitracarpus carajasensis</i> E.L. Cabral, Sobrado & E.B. Souza		Mota, N.F.O., 3406
<i>Palicourea colorata</i> (Willd. Ex Roem. & Schult.) Mull.		

<i>Palicourea deflexa</i> (DC.) Borhidi		Silva, L.V.C., 1244
<i>Palicourea glabra</i> (Aubl.) Delprete & J.H. Kirkbr.		
<i>Palicourea hoffmansseggiana</i> (Schult.) Borhidi		Giorni, V.T., 118
<i>Palicourea marcgravii</i> A.St.-Hil.		Zappi, D.C., 4684
<i>Palicourea prunifolia</i> (Kunth) Borhidi		Giorni, V.T., 160
<i>Palicourea racemosa</i> (Aubl.) G.Nicholson		Zappi, D.C., 4759
<i>Perama carajensis</i> J.H.Kirkbr.		Giorni, V.T., 127
<i>Psychotria appendiculata</i> Müll. Arg.		
<i>Psychotria lupulina</i> Benth.	X	Silva, L.V.C., 1052 Mota, N.F.O., 1961
<i>Remijia amazonica</i> K. Schum.		
<i>Richardia scabra</i> L.	X	Zappi, D.C., 4687
<i>Sabicea grisea</i> Cham. & Schtdl.		Viana, P.L., 4060
<i>Spermacoce exilis</i> (L.O.Williams) C.D.Adams		Carreira, L.M.M., 1053
<i>Spermacoce sp.1</i>		Zappi, D.C., 4609
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schtdl.) K.Schum.		Arruda, A.J., 674
		Gadelha-Silva, L., 29 Silva, L.V.C., 1213
		Silva, L.V.C., 1232
		Gadelha-Silva, L., 14
Rutaceae		
<i>Ertela trifolia</i> (L.) Kuntze		Viana, P.L., 4066
<i>Esenbeckia grandiflora</i> subsp. <i>grandiflora</i> Mart.		Viana, P.L., 5691
<i>Pilocarpus carajaensis</i> Skorupa		Viana, P.L., 5669

Salicaceae		
<i>Banara guianensis</i> Aubl.		Mota, N.F.O., 1899
<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	X	Gadilha-Silva, L., 15
<i>Casearia grandiflora</i> Cambess.	X	Zappi, D.C., 4950
<i>Casearia javitensis</i> Kunth	X	Zappi, D.C., 4876
<i>Casearia pitumba</i> Sleumer	X	Zappi, D.C., 5070
Santalaceae		
<i>Dendrophthora warmingii</i> (Eichler) Kuijt		Viana, P.L., 3459
<i>Phoradendron crassifolium</i> (Pohlex DC.) Eichler		Harley, R.M., 57880
<i>Phoradendron quadrangulare</i> (Kunth) Griseb.		Harley, R.M., 57332
Sapindaceae		
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	X	Mota, N.F.O. 1914
<i>Allophylus latifolius</i> Huber		Viana, P.L., 3468
<i>Allophylus semidentatus</i> (Miq.) Radlk.		Giorni, V.T., 123
<i>Cupania scrobiculata</i> Kunth	X	Mota, N.F.O., 1993
<i>Paullinia ingifolia</i> Rich. ex Juss.	X	Zappi, D.C., 4613
<i>Serjania caracasana</i> (Jacq.) Willd.	X	Zappi, D.C., 4621
<i>Serjania lethalis</i> A.St.-Hil.		Zappi, D.C., 5004
Sapotaceae		
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	X	Zappi, D.C., 4888
Siparunaceae		
<i>Siparuna ficoides</i> Renner & Hausner		Harley, R.M., 57286
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	X	Mota, N.F.O. 1952

<p>Solanaceae</p> <p><i>Cestrum latifolium</i> Lam.</p> <p><i>Physalis angulata</i> L.</p> <p><i>Schwencki aamericana</i> L.</p> <p><i>Solanum americanum</i> Mill.</p> <p><i>Solanum campaniforme</i> Roem. &Schult.</p> <p><i>Solanum incarceratum</i> Ruiz & Pav.</p> <p><i>Solanum paniculatum</i> L.</p> <p><i>Solanum schlechtendalianum</i> Walp.</p> <p><i>Solanum semotum</i> M.Nee</p> <p><i>Solanum sisymbriifolium</i> Lam.</p> <p><i>Solanum subinerme</i> Jacq.</p> <p><i>Solanum uncinellum</i> Lindl.</p> <p><i>Solanum velutinum</i>Dunal</p>		<p>Mota, N.F.O., 1982</p> <p>Zappi, D.C., 5039</p> <p>Costa, L.V.C., 949</p> <p>Zappi, D.C., 5038</p> <p>Silva, L.V.C., 1035</p> <p>Mota, N.F.O., 2003</p> <p>Silva, L.V.C., 665</p> <p>Mota, N.F.O., 1948</p> <p>Silva, L.V.C., 1229</p> <p>Mota, N.F.O., 1919</p> <p>Costa, L.V.C., 933</p> <p>Lima, H.C., 7590</p> <p>Paula, L.F.A de, 543</p>
<p>Styracaceae</p> <p><i>Styrax griseus</i>P.W.Fritsch</p>	<p>X</p>	<p>Zappi, D.C., 4972</p>
<p>Trigoniaceae</p> <p><i>Trigonia nivea</i> Cambess.</p>		<p>Viana, P.L., 3465</p>
<p>Turneraceae</p> <p><i>Turnera coerulea</i> var. <i>surinamensis</i></p> <p><i>Turnera glaziovii</i> Urb.</p> <p><i>Turnera melochioides</i> Cambess.</p>	<p>X</p>	<p>Zappi, D.C., 4721</p> <p>Zappi, D.C., 4949</p> <p>Silva, L.V.C. 646</p>

<p><i>Turnera melochioides</i> var. <i>arenaria</i> Cambess</p> <p><i>Turnera melochioides</i> var. <i>latifolia</i> Cambess.</p>		<p>Vasconcelos, L.V., 840</p> <p>Mota, N.F.O., 1591</p>
<p>Urticaceae</p> <p><i>Cecropia palmata</i> Willd.</p> <p><i>Laportea aestuans</i> (L.) Chew</p> <p><i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Griseb.</p>	X	<p>Barbosa-Silva, R.G., 1173</p> <p>Mota, N.F.O., 2024</p> <p>Mota, N.F.O., 1963</p>
<p>Velloziaceae</p> <p><i>Vellozia glauca</i> Pohl</p>		Viana, P.L., 5675
<p>Verbenaceae</p> <p><i>Lantana cujabensis</i> Schauer</p> <p><i>Lantana hirsuta</i> subsp. <i>amazonica</i> M.Martens & Galeotti</p> <p><i>Lippia grata</i> Schauer</p> <p><i>Stachytarpheta cayennensis</i> (Rich.) Vahl</p>	X X X	<p>Gadelha-Silva, L., 41</p> <p>Zappi, D.C., 4750</p> <p>Zappi, D.C., 4907</p> <p>Pivari, M.O.D., 1580</p>
<p>Vitaceae</p> <p><i>Cissus appendiculata</i> Lombardi</p> <p><i>Cissus erosa</i> Rich.</p>	X	<p>Gadelha-Silva, L., 81</p> <p>Zappi, D.C., 4604</p>
<p>Vochysiaceae</p> <p><i>Callisthene microphylla</i> Warm.</p> <p><i>Vochysia haenkeana</i> Mart.</p>	X	<p>Zappi, D.C., 4929</p> <p>Zappi, D.C., 4747</p>
<p>Xyridaceae</p> <p><i>Xyris brachysepala</i> Kral</p> <p><i>Xyris lacerata</i> Pohl ex Seub.</p> <p><i>Xyris macrocephala</i> Vahl</p> <p><i>Xyris savanensis</i> Miq.</p>		<p>Pivari, M.O.D., 1587</p> <p>Falcão, B.F., 453</p> <p>Pivari, M.O.D., 1572</p> <p>Zappi, D.C., 4717</p>

Total de espécies: 561	Total de registros novos: 160 espécies	
-------------------------------	--	--

4. Discussão

4.1. Composição Florística do PNCF

4.1.2. Riqueza de espécies

O PNCF e as Serras Norte e Sul apresentam riqueza de espécies similar em suas cangas (647 spp. na Serra Norte, 561 spp. no PNCF, 539 spp. na Serra Sul – S1 Material Suplementar). Apesar disso, as análises multivariadas mostram que as floras dessas áreas não são totalmente similares (Fig. 5). Dentre as 1025 espécies analisadas no presente estudo, 144 foram encontradas somente no PNCF, como *Triphora surinamensis* (Lindl.) Britton, *Triphora uniflora* A.C.Ferreira, Baptista & Pansarin (Fig. 2 k-l), *Notylia barkeri* Lindl. (Orchidaceae); *Margaritaria nobilis* L.f. (Phyllanthaceae); *Rhipidocladum parviflorum* (Trin.) McClure (Poaceae); *Paullinia ingifolia* Rich. ex Juss. (Sapindaceae); *Sida linifolia* Cav (Malvaceae).

As áreas mais diferentes floristicamente foram a Serra Arqueada (ARQ-CAN) e a Serra de Campos de São Félix do Xingu (SFX) (Fig. 5). Serra Arqueada, além de ser a área mais dissimilar entre as analisadas, é a área que apresenta menor riqueza de espécies, fator que também pode influenciar na maior dissimilaridade florística verificada. Quando todas as áreas são comparadas (Fig. 3a), somente quatro espécies são compartilhadas entre o PNCF e ARQ-CAN e seis espécies entre o PNCF e SFX. Quando essas áreas são analisadas individualmente (Fig. 3d, e), apesar do aumento do número de espécies compartilhadas para 82 e 158 respectivamente, tratam-se de espécies de ampla distribuição nas cangas de Carajás, como por exemplo: *Bauhinia pulchella* Benth., *Ipomoea marabaensis* D.F.Austin & Secco e *Byrsonima chrysophylla* Kunth (PNCF X ARQ-CAN); *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart., *Mandevilla scabra* (Hoffmanns. ex Roem. & Schult.) K.Schum. e *Dyckia duckei* L.B.Sm. (PNCF X SFX).

A riqueza de espécies encontrada no PNCF também difere de outros afloramentos de canga brasileiros tanto em número de espécies quanto em composição florística. Foram registradas 561 espécies nos afloramentos de canga do PNCF, e as famílias mais representativas nesta área correspondem a 45% das espécies registradas (Fig. 3). Em Minas Gerais, foram registradas 358 espécies na Serra da Calçada (Viana and Lombardi 2007), 224 espécies na Serra do Antônio Pereira (Messias et al. 2012), 64 espécies na Serra do Condado (Pifano et al. 2010), 234 espécies na Serra do Rola-Moça e Serra da Moeda (Jacobi et al. 2007), 117 espécies na Mina no Brucutu (Mourão and Stehmann 2007), no Mato Grosso do Sul foram registradas 302 espécies no Maciço do Urucum (Lima et al. 2019) e 66 espécies em três áreas de canga nos municípios de Corumbá e Ladário (Takahasi and Meirelles 2014).

Além do PNCF, as áreas de canga onde Poaceae é a família com maior riqueza de espécies são a Serra da Calçada (MG) (Viana and Lombardi 2007), e o Maciço do Urucum (MS) (Lima et al. 2019). Contudo, além da riqueza de espécies ser maior no PNCF (53spp. X 43spp. MG e MS), o gênero *Paspalum* L. apresenta maior riqueza de espécies. A composição de espécies nessas três áreas é bem distinta também, por exemplo, enquanto a espécie *Setaria parviflora* (Poir.) Kerguelen ocorre tanto no Maciço do Urucum quanto na Serra da Calçada, ela não foi registrada até o momento no PNCF.

Entre as famílias de monocotiledôneas com maior riqueza de espécies em algumas cangas brasileiras, as espécies das famílias Velloziaceae, Bromeliaceae, Orchidaceae estão entre as mais ricas na Mina do Brucutu (MG) (Mourão and Stehmann 2007), nas Serras do Rola-Moça e da Moeda (MG) (Jacobi et al. 2007), na Serra do Condado (MG) (Pifano et al. 2010), na Serra do Antônio Pereira (MG) (Messias et al. 2012) e na Serra da Calçada (MG) (Viana and Lombardi 2007), enquanto no PNCF as monocotiledôneas mais expressivas pertencem às famílias Poaceae, Cyperaceae e Orchidaceae.

Nas Serras do Condado (Pifano et al. 2010), de Antônio Pereira (Messias et al. 2012), do Rola-Moça e Serra da Moeda (Jacobi et al. 2007) e na Mina do Brucutu (Mourão and Stehmann 2007) a família Asteraceae apresenta maior riqueza de espécies, mas somente na Serra do Condado ocorrem espécies que também foram registradas no PNCF: *Ageratum conyzoides* L., *Emilia sonchifolia* (L.) DC. e *Chromolaena maximiliani* (Schrad. ex DC.) R.M.King & H.Rob. Ademais, o PNCF é em relação às cangas brasileiras citadas, a única área onde a família Lamiaceae está entre as famílias com maior riqueza de espécies. De maneira geral, a flora dos campos rupestres de Carajás e da Cadeia do Espinhaço em nível específico, são quase totalmente diferentes (Zappi et al. 2019), e verifica-se que somente espécies ruderais, de ampla distribuição pelos diversos domínios fitogeográficos, ocorrem em ambos afloramentos de cangas.

4.1.3. Famílias mais representativas no PNCF e o contexto Amazônico

Apesar da composição florística do PNCF apresentar composição de famílias similar à outras cangas brasileiras, os afloramentos de Carajás formam um grupo distinto dos demais encontrados no país em nível de espécies, especialmente daqueles presentes no Sudeste (Zappi et al. 2019). Carmo e Jacobi (2013), demonstraram que a composição florística dos afloramentos de canga de Minas Gerais sofre influência da flora da Mata Atlântica e Cerrado. No presente estudo verificou-se que o domínio fitogeográfico circundante, ou seja, a flora Amazônica, também exerce influência na vegetação das cangas do PNCF.

Entre as famílias mais representativas no PNCF (Fig. 3a), cinco também são as famílias com maior riqueza de espécies na Amazônia (BFG, 2015). Espécies como *Steinchisma laxum* (Sw.) Zuloaga, *Axonopus longispicus* (Döll) Kuhl. (Poaceae), *Remijia amazonica* K.Schum., *Palicourea colorata* Willd. ex Roem. & Schult.) Delprete & J.H.Kirkbr. (Rubiaceae), *Senna*

silvestris (Vell.) H.S.Irwin & Barneby, *Parkia platycephala* Benth. (Fabaceae) encontradas no PNCF e com ampla distribuição na Amazônia corroboram a influência desse domínio fitogeográfico sobre a vegetação isolada das cangas. Orchidaceae e Euphorbiaceae são a segunda e nona famílias com maior riqueza de espécies na Amazônia (BFG, 2015), e no presente estudo elas também estão entre as mais ricas (Fig. 3b). Ainda que as famílias Convolvulaceae, Solanaceae e Lamiaceae não estejam entre as famílias botânicas com maior riqueza na Amazônia (BFG, 2015), espécies como *Distimake macrocalyx* (Ruiz & Pav.) A.R. Simões & Staples, *Jacquemontia tamnifolia* (L.) Griseb. (Convolvulaceae); *Schwenckia americana* Rooyen ex L., *Solanum latifolium* Lam. (Solanaceae); *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, *Hyptis recurvata* Poit. e *Vitex triflora* Vahl, (Lamiaceae) também apresentam ampla distribuição neste domínio fitogeográfico, o que pode explicar a riqueza de espécies dessas famílias no PNCF.

4.1.4. Espécies invasoras

Devido ao seu contexto histórico, a Serra da Bocaina e a Serra do Tarzan (PNCF) são áreas expostas a impacto ambientais em graus diferentes. A Serra da Bocaina é rodeada por áreas de pasto e o acesso à serra é mais fácil que na Serra do Tarzan. Esta, por sua vez, é rodeada por densa matriz florestal e o acesso é possível somente pela entrada oficial, que frequentemente encontra-se interditada devido à queda de árvores. A diferença da vegetação no entorno, bem como o histórico do uso da terra, explica o registro até o momento de espécies exóticas invasoras somente na Serra da Bocaina: *Melinis minutiflora* P.Beauv., *Megathyrus maximus* (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs, *Cenchrus polystachios* (L.) Morrone, *Leonotis nepetifolia* (L.) R.Br., *Urena lobata* L.

Além destas espécies, é possível encontrar amplamente distribuída, tanto na beira das estradas do PNCF que dão acesso à serra quanto na canga, a samambaia *Pteridium esculentum* (G. Forst.) Cockayne, espécie referida em algumas regiões brasileiras e em outros países como planta-problema pois além de formar muita biomassa, ela também expande seus rizomas rapidamente, impossibilitando o estabelecimento da vegetação nativa (Guerin and Durigan 2015). A presença dessas espécies na Serra da Bocaina indica que essa área está sob maior pressão de perda de vegetação nativa do que a Serra do Tarzan, que aparenta ser relativamente mais conservada. Bellard et al. 2016 demonstraram que as principais ameaças à perda de biodiversidade para a comunidade vegetal, de maneira geral em ordem decrescente são a agricultura, o uso de recursos biológicos, a urbanização e o estabelecimento de espécies exóticas. Dessa forma, apesar da Serra da Bocaina estar protegida integralmente e legalmente, são necessárias medidas de manejo para recuperar a área do entorno das cangas e para evitar que a população tenha acesso indiscriminado à serra.

4.2. Relação entre a composição florística do PNCF e demais áreas de canga

As análises multivariadas do presente trabalho demonstram que, de modo geral, as cangas amazônicas que compõem o complexo de Carajás apresentam baixa similaridade florística entre elas (valor de coeficiente de correlação cofenética na análise UPGMA: 0,8921, valor de estresse na análise NMDS: 0,1555), evidenciando a alta diversidade beta encontrada nestas áreas. Por outro lado, a vegetação das diversas cangas amazônicas forma um grupo florístico coeso no contexto fitogeográfico brasileiro, mesmo quando comparada com outras vegetações abertas amazônicas (Devecchi et al. 2020). Também vemos que as cangas de Carajás possuem uma composição de espécies muito distinta daquela encontrada nas cangas e/ou sobre quartzito na Cadeia do Espinhaço e Chapada Diamantina, no leste do Brasil (Zappi et al. 2019).

Apesar de estudos recentes (Zappi et al. 2019; Fonseca-da-Silva et al. 2020; Andrino et al. 2020) já demonstrarem algumas das relações encontradas no presente trabalho, as análises aqui apresentadas são importantes por corroborarem com dados mais robustos as relações de similaridade florística entre as cangas do complexo de Carajás. Nos estudos anteriores, o PNCF encontrava-se ainda consideravelmente subamostrado visto que os esforços de coleta haviam sido concentrados nas Serras Norte e Sul que estavam sob iminente processo de formação de novas cavas de mineração (Mota et al. 2018).

A similaridade florística entre a Serra da Bocaina e Serra do Tarzan foi de 48%, valor diferente dos demais trabalhos (51% no trabalho de Zappi et al. 2019; 45% nos trabalhos de Fonseca-da-Silva et al. 2020 e Andrino et al. 2020). Apesar da similaridade ter aumentado em relação a Fonseca-da-Silva et al. (2020) e Andrino et al. (2020), as Serras da Bocaina e do Tarzan são claramente áreas distintas. Essa mudança é explicada pelo aumento do esforço amostral nessas serras, principalmente na Serra da Bocaina.

As cangas são formadas por diferentes tipos de vegetação formando mosaicos que abrigam espécies ocorrentes em mais de um tipo de vegetação e espécies características de fisionomias específicas (Mota 2015). No PNCF não foram observadas lagoas perenes profundas nem mata paludosa, por isso, espécies encontradas exclusivamente nesses tipos de vegetação como *Symphonia globulifera* L.f., *Clusia nemerosa* G.Mey. *Clusia weddelliana* Planch. & Triana, *Sagittaria rhombifolia* Cham, *Cabomba furcata* Schult. & Schult.f., (Alencar e Marinho, 2017) *Apalanthe granatensis* (Humb. & Bonpl.) Planch., *Ottelia brasiliensis* (Planch.) Walp. (Hall and Gil 2016) e *Nymphaea rudgeana* G.Mey (Lima 2018) não foram encontradas até o presente momento na área do PNCF, apesar de espécies de lagoas temporárias como *Nymphoides humboldtiana* (Kunth) Kuntze, (Giulietti 2016) *Mayaca kunthii* Seub. e *Mayaca fluviatilis* Aubl. (Mota and Koch 2016) estarem presentes tanto no PNCF quanto nas Serras Norte e Sul.

A Serra do Tarzan e as áreas N1, N3-5 e S11D compartilham espécies de famílias que até o momento não foram registradas na Serra da Bocaina como *Trichilia micranta* Benth. (Meliaceae) (Fig. 2g), *Cybianthus detergens* Mart. (Primulaceae), *Styrax griseus* P.W.Fritsch (Styracaceae), *Emmotum nitens* (Benth.) Miers (Metteniusaceae). Além dessas, espécies como *Tabernaemontana heterophylla* Vahl, (Apocynaceae) *Clusia panapanari* (Aubl.) Choisy (Clusiaceae) e *Copaifera martii* Hayne (Fabaceae) também não foram registradas na Serra da Bocaina. Essa similaridade de espécies pode explicar o distanciamento da Serra do Tarzan em relação à Serra da Bocaina e sua aproximação com as serras supracitadas na análise NMDS (Fig. 5c). A posição do PNCF em ambas as análises e a diferença de composição florística entre ambas as Serras da Bocaina e do Tarzan, revela a importância desta área ser protegida, pois as comunidades de canga das serras Norte 4 e 5 e S11D estão atualmente mais ameaçadas pela mineração. Desta forma, a ocorrência dessas espécies no PNCF assegura a sua futura existência no contexto das cangas de Carajás.

As cangas da Serra Norte mostram-se as mais distintas floristicamente entre si nas análises multivariadas. Essas áreas são mais próximas e seria possível esperar que elas fossem mais coesas floristicamente como S11A-C. No entanto, as cangas da Serra Norte não formam um contínuo como os demais afloramentos de canga do complexo de Carajás. Ao contrário, elas encontram-se separadas por densa matriz florestal, característica esta que pode estar influenciando na dissimilaridade florística entre elas. Entretanto, são necessárias outras análises para corroborar ou não essa hipótese pois, apesar de S11D fazer parte do contínuo de cangas da Serra Sul, ela é mais similar à SN1 em todas as análises já realizadas (Zappi et al. 2019; Fonseca-da-Silva et al. 2020; Andrino et al. 2020).

O PNCF compartilha muitas espécies com as Serras Norte e Sul (Fig. 3a). Estas três áreas compartilham muitas espécies das famílias Poaceae, Rubiaceae, Asteraceae, Fabaceae, Melastomataceae e Myrtaceae. Todavia, entre a Serra Norte e o PNCF há ainda um acentuado

compartilhamento também de espécies das famílias Convolvulaceae e Cyperaceae, podendo ser esta a explicação para o maior número de espécies em comum entre essas duas áreas (Fig. 3b).

4.2.1 Relação entre a composição florística do PNCF, Serra Arqueada e Serra de Campos de São Félix do Xingu

Entre as famílias com maior riqueza de espécies na Serra Arqueada, somente Malvaceae e Euphorbiaceae (Fonseca-da-Silva et al. 2020) também estão entre as mais ricas no PNCF, sendo que apenas três espécies são comuns entre as duas áreas: *Melochia melissifolia* Benth. (Malvaceae), *Maprounea guianensis* Aubl. e *Astraea lobata* (L.) Klotzsch (Euphorbiaceae). As famílias com maior riqueza de espécies das cangas da FLONA de Carajás (Mota et al. 2018), de modo geral, também são diferentes de Serra Arqueada, portanto, essa diferença pode explicar a maior dissimilaridade florística entre Serra Arqueada e as demais áreas analisadas.

Na Serra de Campos de São Félix do Xingu, as famílias com maior riqueza coincidem tanto com as famílias mais ricas do PNCF, quanto com aquelas encontradas em CRJ-SN e CRJ-S11A-D. Além disso, dentre as 101 espécies compartilhadas entre essas três áreas (Fig. 3a) algumas fazem parte dessas famílias tais como: *Periandra mediterranea* (Vell.) Taub. (Fabaceae), *Axonopus rupestris* Davidse, (Poaceae), *Eleocharis pedroviana* C.S. Nunes, R. Trevis. & A. Gil, (Cyperaceae), *Habenaria nuda* Lindl. (Orchidaceae) e *Alibertia edulis* (Rich.) A.Rich (Rubiaceae). Essa quantidade de espécies compartilhadas (101), pode influenciar na maior similaridade florística entre SFX, algumas cangas da Serra Norte, Serra Sul e PNCF na análise UPGMA (Fig. 5a). Entretanto, assim como nas análises anteriores, o índice de similaridade de São Félix com essas áreas é baixo (38%), e na análise NMDS (Fig. 5c), essa área está bem distante das demais, refletindo sua posição geográfica (Fig. 1).

É bem estabelecido que as condições ambientais e microclimáticas são determinantes no padrão de biodiversidade, principalmente da vegetação em campos rupestres em geral e

também sobre cangas (Jacobi et al. 2007; Carmo and Jacobi 2016; Zappi 2017). Além desses fatores, Andrino et al. 2020 demonstraram que nos afloramentos de cangas de Carajás o tamanho da superfície de canga é mais determinante na similaridade florística do que a distância entre as serras, uma vez que o tamanho da área pode estar relacionado diretamente com a existência de maior número de micro habitats e nichos ecológicos disponíveis para o estabelecimento de maior diversidade de espécies. Portanto, o maior compartilhamento de espécies entre PNCF, Serra Norte e Serra Sul (Fig. 4a) pode estar relacionado com o tamanho dessas áreas e a maior diversidade de tipos de vegetação encontradas nelas (Mota et al. 2015).

Dessa forma, a ausência de alguns tipos de vegetação e seus habitats associados na Serra Arqueada: lagoas perenes, mata baixa e buritizais (Fonseca-da-Silva et al. 2020), e matas baixas na Serra de Campos de São Félix do Xingu (Andrino et al. 2020), bem como tamanho menor dessas áreas podem explicar a maior dissimilaridade florística em relação ao PNCF, CRJ-SN e CRJ-S11A-D.

4.3. Representatividade e conservação das floras de CRJ-SN e CRJ-S11A-D, ARQ-CAN e SFX no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos

Unidades de conservação em florestas tropicais são imprescindíveis para a conservação da biodiversidade (Laurance et al. 2012). E as unidades de conservação com maior desempenho na prevenção da perda florestal são encontradas em países tropicais como Brasil, Madagascar e Malásia, pois essas são as áreas sob maior ameaça de desmatamento (Yang et al. 2021).

As áreas analisadas no presente trabalho, com exceção do PNCF, estão sob pressão de mineração (FLONA de Carajás) e desmatamento no caso de SFX e ARQ-CAN. Apesar do PNCF abrigar 561 espécies, incluindo 26 das 38 espécies edáficas endêmicas das cangas de Carajás (Giulietti et al. 2019), a proporção de espécies encontrada no PNCF compartilhadas com as demais áreas é considerada apenas moderada. Portanto, o PNCF não abrange,

isoladamente, uma representação de toda a flora das cangas amazônicas. Porém, a importância da sua existência como unidade de conservação de proteção integral é incontestável.

O número de espécies das Serras Norte e Sul (CRJ-SN e CRJ-S11A-D) que não foram registradas até o momento no PNCF é de 296 e 226, respectivamente (Fig. 4b, c). Dentre essas espécies há um destaque para espécies edáficas endêmicas encontradas até o momento somente na Serra Norte: *Ipomoea cavalcantei* D.F.Austin (Convolvulaceae), *Paspalum carajasense* S.Denham (Poaceae) e *Daphnopsis filipendiculata* Nevling & Barringer (Thymelaeaceae); e espécies edáficas endêmicas registradas até o momento somente na Serra Sul: *Parapiqueria cavalcantei* R.M.King & H.Rob. (Asteraceae), *Carajasia cangae* R.M.Salas, E.L.Cabral & Dessein (Rubiaceae) e *Isoetes cangae* J.B.S. Pereira, Salino & Stützel (Isoetaceae). Ademais, algumas espécies são encontradas somente no PNCF e alguns tipos de vegetação estão ausentes no mesmo, tornando sua flora diferente das demais áreas estudadas, como já foi mencionando anteriormente.

Verificamos que 64 espécies ocorrem somente na Serra Arqueada (Fig. 4d), esse número corresponde a aproximadamente 48% de sua flora não registradas ou protegidas até o momento no PNCF, tais como a Orquídea *Galeandra cristata* Lindl. e a gramínea *Axonopus carajasensis* Bastos, ambas ameaçadas de extinção (Martinelli and Moraes 2013). No caso de *Axonopus carajasensis* Bastos, a situação é ainda mais preocupante, pois essa espécie é edáfica endêmica (Giulietti et al. 2019) e foi registrada até o momento somente em CRJ-SN e CRJ-S11A-D, estando sob risco de desaparecimento futuro nas cangas de Carajás. Cerca de 35% das espécies de SFX (86 spp., fig. 4e) não foram amostradas até o momento no PNCF, ou seja 86 espécies (Fig. 4e), entre elas a edáfica endêmica sob risco de extinção *Mimosa dasilvae* A.S.Silva & R.Secco registrada somente nesta serra.

Além do risco de perda de oito espécies edáficas endêmicas sob risco de supressão, há também a ameaça de perda iminente dos tipos de vegetação, micro habitats, serviços

ecossistêmicos e valores abióticos associados às vegetações da canga amazônica. Além disso, a fauna associada à vegetação sobre canga de Carajás também é ameaçada com a perda da flora das cangas, como a serpente *Liophis carajasensis* (Cunha, Nascimento & Ávila-Pires, 1985), endêmica da Serra dos Carajás e conhecida somente nas cangas da Serra Norte (Maschio et al. 2012), a ave *Daptrius ater* (Vieillot, 1816) que apesar de não ser endêmica das cangas de Carajás, é encontrada principalmente em vegetações amazônicas abertas, como campos rupestres e savanas (Aleixo et al. 2012).

5. Conclusão

Com o aumento do esforço de coleta nas áreas de canga do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, foi possível conhecer melhor a sua flora. Atualmente, há registro de 561 espécies de plantas com sementes para esta unidade de conservação, ou seja, há uma grande diversidade protegida no PNCF, bem como, espécies conhecidas somente na sua área.

No entanto, mesmo com tantas espécies registradas, no contexto das cangas amazônicas, muitas espécies ainda não possuem registro no PNCF, portanto, não estão resguardadas. Com as análises aqui apresentadas e discutidas podemos concluir que, apesar da flora do PNCF não abranger a totalidade de espécies das demais áreas de estudo, ele é uma área estratégica de conservação da vegetação sobre afloramentos ferruginosos no Pará, seus habitats e fauna associados, pois é a única área que está sob proteção integral diferentemente das serras Norte e Sul que, apesar de estarem situadas na FLONA de Carajás, não estão protegidas da mineração.

Todavia, para que essa biodiversidade seja protegida é necessário que haja a criação e efetiva implementação de um plano de manejo que possa contribuir para a manutenção do Parque. É necessário incluir, por exemplo, um plano para recuperação das áreas do entorno da

Serra da Bocaina, pois as pressões das áreas adjacentes influenciam diretamente na biodiversidade de uma Unidade de Conservação (Laurance et al. 2012).

A Serra Arqueada e a Serra de Campos de São Félix do Xingu, assim como as demais áreas estudadas, apresentam grande diversidade beta na flora. Essas áreas constituem mosaicos de vegetação e habitats associados bem distintos das demais cangas de Carajás (Fonseca-da-Silva et al. 2020; Andrino et al. 2020). O contexto atual de perturbação do entorno dessas duas áreas argumenta a favor da criação de Unidades de Conservação (UCs), visto que a instalação de UCs em áreas ameaçadas de desmatamento e/ou sofrendo outras pressões antrópicas apresentam maiores chances de redução da perda da sua biodiversidade (Geldman et al 2015; Yang et al. 2021).

Levando em conta que o PNCF, apesar de proteger um número elevado de espécies das cangas, não abrange sozinho a totalidade das espécies desse habitat, em termos das espécies de angiospermas nele protegidas, preconizamos, assim como fizeram Fonseca-da-Silva et al. (2020) e Andrino et al. (2020), que a preservação e manejo adequados do PNCF, combinada à eventual proteção integral da Serra Arqueada e da Serra de Campos, representaria uma ação importante para que a biodiversidade sobre cangas seja mais efetivamente preservada.

Agradecimentos

Agradecemos ao Museu Paraense Emílio Goeldi e ao Instituto Tecnológico Vale pela infraestrutura e suporte nas viagens de coleta. Agradecemos também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida à primeira autora. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro para trabalho de campo (402699/2018-1). DCZ possui uma bolsa de produtividade do CNPq (305301/2018-7). Agradecemos também aos especialistas Clebiana Nunes, Pedro Viana, Herison Medeiros, Aline Stadnik, Fábio Silva, Mayara Pastore, Lúcia Lohmann, Ricardo Couto, Caroline Andrino, Marcelo Devecchi, Raymond Harley, Mariana Saka, Marília Duarte e Vânia Yoshikawa pela determinação de espécies.

Contribuição dos autores

DCZ idealizou o projeto. DCZ, LGS e JL realizaram coletas de campo e identificação dos espécimes. JL e LGS realizaram as análises. LGS, JL e DCZ trabalharam no manuscrito.

Material Suplementar:

<https://figshare.com/s/b7f873442d81f4f6977a>

Referências

- Aleixo A, Carneiro LS, Dantas SM (2012) Aves. In: Fauna da Floresta Nacional de Carajás: estudo sobre vertebrados terrestres. Nitro Imagens, São Paulo, pp 102–143
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, et al (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol Z* 22:711–728
- Andrino CO, Barbosa-Silva RG, Lovo J, et al (2020) Iron islands in the Amazon: investigating plant beta diversity of canga outcrops. *PhytoKeys* 165:1–25.
<https://doi.org/10.3897/phytokeys.165.54819>
- Barroso GM, King RM (1971) New taxa of Compositae (Eupatorieae) from Brazil. *Brittonia* 23:118–121
- Bellard C, Cassey P, Blackburn TM (2016) Alien species as a driver of recent extinctions. *Biol Lett* 12:20150623. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.0623>
- BRAHMS7 (2018) University of Oxford: Botanical Research and Herbarium Management System (BRAHMS)
- BRAZIL. Brasília: Distrito Federal. (2011). Ministério do Meio Ambiente. SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002; Decreto nº 5.746, de 5 de abril de 2006. Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas: Decreto nº 5.758, de 13 de abril de 2006. 76p.
- Carmo FF do, Jacobi CM (2016) Diversity and plant trait-soil relationships among rock outcrops in the Brazilian Atlantic rainforest. *Plant Soil* 403:7–20.
<https://doi.org/10.1007/s11104-015-2735-7>
- Carmo FF do, Jacobi CM (2013) A vegetação de canga no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: caracterização e contexto fitogeográfico. *Rodriguésia* 64:527–541.
<https://doi.org/10.1590/S2175-78602013000300005>

- Carvalho GH, Cianciaruso MV, Batalha MA (2010) Plantminer: A web tool for checking and gathering plant species taxonomic information. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2009.11.014>
- Chautems A, Araujo AO de, Maia IC (2018) Flora of the canga of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil: Gesneriaceae. *Rodriguésia* 69:1135–1141. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869321>
- Coelho BH da S (2018) Evolução histórica e tendências das áreas naturais protegidas: de sítios sagrados aos mosaicos de unidades de conservação. 2 (2): 106-121
- Convention on Biological Diversity (2013). **CBD**. Quick guides to the Aichi Biodiversity Targets. <https://www.cbd.int/nbsap/training/quick-guides/>
- Costa JLC, Secco RS, Gurgel ESC (2018) Flora das cangas da serra dos Carajás, Pará, Brasil: Euphorbiaceae. *Rodriguésia* 69(1):059–075. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869107>
- Devecchi MF, Lovo J, Moro MF, et al (2020) Beyond forests in the Amazon: biogeography and floristic relationships of the Amazonian savannas. *Bot J Linn Soc* 193:478–503. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/boaa025>
- Filgueiras TS, Nogueira PE, Brochado AL, Gualla II GF (1994) Caminhamento - um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos. *Cad Geociências* 12 39:43
- Fonseca-da-Silva TL, Lovo J, Zappi DC, et al (2020) Plant species on Amazonian canga habitats of Serra Arqueada: the contribution of an isolated outcrop to the floristic knowledge of the Carajás region, Pará, Brazil. *Braz J Bot* 43:315–330. <https://doi.org/10.1007/s40415-020-00608-5>
- Geldmann J, Coad L, Barnes M, et al (2015) Changes in protected area management effectiveness over time: A global analysis. *Biol Conserv* 191:692–699. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.08.029>

- Geldmann J, Manica A, Burgess ND, et al (2019) A global-level assessment of the effectiveness of protected areas at resisting anthropogenic pressures. *Proc Natl Acad Sci* 116:23209–23215. <https://doi.org/10.1073/pnas.1908221116>
- Giulietti AM (2016) Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Menyanthaceae. *Rodriguésia* 67:1423–1425. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201667541>
- Giulietti AM, Giannini TC, Mota NFO, et al (2019) Edaphic Endemism in the Amazon: Vascular Plants of the canga of Carajás, Brazil. *Bot Rev.* <https://doi.org/10.1007/s12229-019-09214-x>
- Guerin N, Durigan G (2015) Invasion impact by *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon (Dennstaedtiaceae) on a neotropical savanna. *Acta Bot Bras* 29:213–222. <https://doi.org/10.1590/0102-33062014abb3722>
- Hall CF, Gil A dos SB (2016) Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Hydrocharitaceae. *Rodriguésia* 67:1367–1371. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201667533>
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis.
- INCT (2018) Herbário Virtual da Flora e dos Fungos
- IPNI (2019) The International Plant Names Index. <http://www.ipni.org>. Accessed 22 Apr 2019
- Jacobi CM, Carmo FF do, Vincent RC, Stehmann JR (2007) Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem. *Biodivers Conserv* 16:2185–2200. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9156-8>
- King RM, Robinson H (1980a) Studies in the Eupatorieae (Asteraceae). CXCIV. A new genus *Parapiqueria*. *Phytologia* 47:110–112

Laurance WF, Carolina Useche D, Rendeiro J, et al (2012) Averting biodiversity collapse in tropical forest protected areas. *Nature* 489:290–294. <https://doi.org/10.1038/nature11318>

Lima CT (2018) Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Nymphaeaceae.

Rodriguésia 69:153–156. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869113>

Lima MS de, Takahasi A, Damasceno-Junior GA, et al (2019) Checklist of the flora in ironstone outcrops at the Urucum Plateau, Corumbá, Mato Grosso do Sul. *Biota Neotropica* 19:. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2018-0708>

Martinelli G, Moraes MN (2013) Livro vermelho da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro

Maschio G, Galatti U, Neckel-Oliveira, Selvino, et al (2012) Répteis. In: Fauna da Floresta Nacional de Carajás: estudo sobre vertebrados terrestres. Nitro Imagens, São Paulo, pp 84–101

Messias MCTB, Tonaco AC, Neto M, et al (2012) Levantamento florístico de um campo rupestre ferruginoso na Serra de Antonio Pereira, Ouro Preto, Minas Gerais.

Moreira MM, Carrijo TT, Alves-Araújo A, Amorim AMA (2020) Using online databases to produce comprehensive accounts of the vascular plants from the Brazilian protected areas: The Parque Nacional do Itatiaia as a case study. *Biodiversity Data Journal* 21. <https://doi.org/10.3897/BDJ.8.e50837>

Mota NF de O, Koch AK (2016) Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Mayacaceae. *Rodriguésia* 67:1417–1422. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201667540>

Mota NF de O, Martins FD, Viana PL (2015) Vegetação sobre Sistemas Ferruginosos da Serra dos Carajás. In: Carmo, F.F. & Kamino, L.H.Y. (org) Geossistemas Ferruginosos no Brasil. Instituto Prístino, Belo Horizonte, pp 289–315

Mota NF de O, Watanabe MTC, Zappi DC, et al (2018) Amazon canga: the unique vegetation of Carajás revealed by the list of seed plants. *Rodriguésia* 69:1435–1487.

<http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201869336>

Mourão A, Stehmann JR (2007) Levantamento da flora do campo rupestre sobre canga hematítica couraçada remanescente na Mina do Brucutu, Barão de Cocais, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia* 58:775–786

Oliveira RS, Galvão HC, de Campos MCR, et al (2015) Mineral nutrition of campos rupestres plant species on contrasting nutrient-impooverished soil types. *New Phytol* 205:1183–1194.

<https://doi.org/10.1111/nph.13175>

Oliveira U, Soares-Filho BS, Paglia AP, et al (2017) Biodiversity conservation gaps in the Brazilian protected areas. *Sci Rep* 7:9141. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08707-2>

Oliveira-da-Silva FR, Ilkiu-Borges AL (2018) Bryophytes (Bryophyta and Marchantiophyta) of the canga of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil. *Rodriguésia* 69:1405–1416.

<https://doi.org/10.1590/2175-7860201869334>

Oliveros JC (2018) Venny. Version 2.1 URL <http://bioinfogp.cnb.csic.es/tools/venny/>

Pifano DS, Valente ASM, Almeida H de S, et al (2010) Caracterização florística e fitofisionômica da Serra do Condado, Minas Gerais, Brasil. *Biota Neotropica* 10:55–71.

<https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000100005>

Porto ML, Silva MFF da (1989) Tipos de vegetação metalófila em áreas da serra de Carajás e de Minas Gerais, Brasil. *Acta Bot Bras* 3:13–21. [https://doi.org/10.1590/S0102-](https://doi.org/10.1590/S0102-33061989000200002)

[33061989000200002](https://doi.org/10.1590/S0102-33061989000200002)

REFLORA 2020 (2020) Re flora - Virtual Herbarium.

<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/>. Accessed 1 Jul 2020

Salino A, Arruda AJ, Almeida TE (2018) Ferns and lycophytes from Serra dos Carajás, an Eastern Amazonian mountain range. *Rodriguésia* 69:1417–1434.

<https://doi.org/10.1590/2175-7860201869335>

Secco R de S (2016) Carajás: bibliografia atualizada e comentada sobre os estudos realizados pelo Museu Paraense Emílio Goeldi Carajás: updating and commented bibliography on studies conducted by Museu Paraense Emílio Goeldi. 11:10

Skiryycz A, Castilho A, Chaparro C, et al (2014) Canga biodiversity, a matter of mining. *Front Plant Sci* 5:. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00653>

Soares-Filho B, Moutinho P, Nepstad D, et al (2010) Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. *Proc Natl Acad Sci* 107:10821–10826.

<https://doi.org/10.1073/pnas.0913048107>

Souza FCR de, Carmo FF do (2015) Geossistemas Ferruginosos no Brasil. In: Carmo, F.F. & Kamino, L.H.Y. (org) Geossistemas Ferruginosos no Brasil. Instituto Prístino, Belo Horizonte, MG, pp 47–76

Souza-Filho PWM, de Souza EB, Silva Júnior RO, et al (2016) Four decades of land-cover, land-use and hydroclimatology changes in the Itacaiúnas River watershed, southeastern Amazon. *J Environ Manage* 167:175–184. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.039>

Takahasi A, Meirelles ST (2014) Ecologia da vegetação herbácea de bancadas lateríticas (cangas) em Corumbá, MS, Brasil. *Hoehnea* 41:515–528. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-63/2013>

Thiers B (continuously updated) Index Herbariorum. <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>.

Accessed 1 Jan 2020

UNEP-WCMC and IUCN (2021). Protected Planet Report 2020. UNEP-WCMC and IUCN: Cambridge UK; Gland, Switzerland. <https://livereport.protectedplanet.net/>

Vasconcelos JM, Júnior ML da S, Maria de LPR, et al (2016) Solos metalíferos: atributos químicos nas diferentes fitofisionomias da Serra Sul, Serra dos Carajás, Pará, Brasil

Metalliferous soils: chemical attributes in different phytophysiognomies of the Serra Sul, Serra dos Carajás, Pará, Brazil. 11:8

Viana PL, Lombardi JA (2007) Florística e Caracterização dos Campos Rupestres Sobre Canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia* 58:159–177

Viana PL, Mota NF de O, Gil A dos SB, et al (2016) Flora of the cangas of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil: history, study area and methodology. *Rodriguésia* 67:1107–1124.

<https://doi.org/10.1590/2175-7860201667501>

Yang H, Viña A, Winkler JA, et al (2021) A global assessment of the impact of individual protected areas on preventing forest loss. *Sci Total Environ* 777:145995.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145995>

Zappi DC (2017) Paisagens e Plantas de Carajás/Landscapes and Plants of Carajás. Instituto Tecnológico Vale, Belém

Zappi DC, Milliken W, Lopes CRAS, et al (2016) Xingu State Park vascular plant survey: filling the gaps. *Braz J Bot* 39:751–778. <https://doi.org/10.1007/s40415-016-0262-2>

Zappi DC, Moro MF, Walker B, et al (2019) Plotting a future for Amazonian canga vegetation in a campo rupestre context. *PLOS ONE* 14:e0219753.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219753>

